130

GEOLOGISKA FÖRENINGENS
I STOCKHOLM
FÖRHANDLINGAR

SJUTTIONIONDE BANDET

(ÅRGÅNGEN 1957)

STOCKHOLM 1957
KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER
573060

Redaktör och ansvarig utgivare
P. H. LUNDEGÅRDH

Redaktionskommitté:
ERIK FROMM
WALTER LARSSON
PER THORSLUND

N° 488 1957 Jan.–Febr.

GEOLOGISKA FÖRENINGENS
I
STOCKHOLM
FÖRHANDLINGAR

UTGIVARE:
PER H. LUNDEGÅRDH

BAND 79
HÄFTE 1

Edited by the Geological Society of Stockholm
Stockholm 50
Subscription by Nordiska Bokhandeln, Stockholm 1

Pris för detta häfte 7:50 Kr.

FRAMSTÄLLNING AV

GEOLOGISKA KARTOR

kräver speciell omsorg och rutin

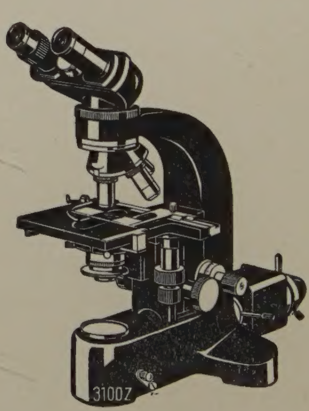
Vår erfarenhet och tekniska utrustning står till Eder tjänst när det gäller ritning, reproduktion och tryckning av geologiska kartor

AB KARTOGRAFISKA INSTITUTET

STOCKHOLM

Leitz

Polarisationsmikroskop
Malmmikroskop
Färg-faskontrastmikroskop
Integrationsokular
"Leica"-kameran



Generalagent för Sverige:

AXEL LUNDQVIST AB STOCKHOLM C

DROTTNINGGATAN 28, TEL. 10 87 30, 21 01 81, 21 05 54.

1127-5

GEOLOGISKA FÖRENINGEN
I
STOCKHOLM
Stiftad år 1871

Ledamöter den 1 Jan. 1957

Förste Hedersledamot

HANS MAJ:T KONUNGEN.

Styrelse

Dr sc. nat. Fritz Brotzen	Ordförande.
Fil. Lic. Erik Åhman	Sekreterare.
Fil. Dr P. H. Lundegårdh	Redaktör.
Fil. Lic. Olof Gabrielson	Skattmästare.
Fil. Lic. Bengt Collini	
Fil. Lic. Erik Fromm.	

Korresponderande ledamöter

Anm. Siffrorna angiva årtalet för inval som Korresponderande ledamot.

Bassler, R. S. Dr. 47	Washington, D. C., U.S.A.
Bulman, O. M. B. Professor. 47	Cambridge, England.
Cailleux, André, Dr. 53	Saint-Maure, Seine, Frankrike.
Correns, C. Professor. 52. Sedimentpetrogr. Inst. Lotzestr. 13	Göttingen.
Daly, R. A. Professor. 27	Cambridge, Mass., U. S. A.
Flint, R. F. Professor. 52	Yale Univ., U. S. A.
Holmes, A. Professor. 52	Edinburgh.
Kuenen, Ph. H. Professor. 53	Groningen, Nederländerna.
Leonardos, Othon H. Professor. 53	Rio de Janeiro, Brasilien.
Lundberg, H. Bergsingenjör. 52	Toronto, Canada.
Machatschki, Felix, Dr, Professor. 47. Universität	Wien.
Ramdohr, Paul, Dr, Professor. 35. Petr. Inst. d. Universität	Heidelberg.
Samsonowicz, Jan, Dr, Professor. 35	Warszawa.
Schneiderhöhn, H. Dr, Professor. 31 Universität	Freiburg i. Br.
Stubblefield, C. J. Ph. Dr. 52	London.
Tilley, Cecil Edgar, Professor. 37	Cambridge, England.
Wegmann zur Hagar, Eugen C. Dr. phil., Professor. 47	Neuchâtel.

Ledamöter

Anm. 1. Tecknet * utmärker ständiga ledamöter (jfr stadgarna, § 7).
2. Siffrorna angiva årtalet, då ledamot i Föreningen inträtt.

Abenius, Håkan, Disponent. 46. St. Kopparb. Bergslags AB Falun.
*Adamson, O. J. Fil. Dr. 41. Postboks 42 .... Smestad, Norge.
Ahlmann, H. W:son, Fil. Dr, Professor em. 10. Fregattvägen 6 .... Stockholm SV.
*Alarik, A. L:son, Bergsing., Disponent. 03. Box 5294, Åkerö, Leksand.
Aleva, G. J. J. Dr. phil. 47. Room 817—18, Imperial Life Tower, 44 Victoria Str. .... Toronto, Canada.
Alskär, Åke, Ingenjör. 56. Bjursätragat. 103 .... Stockholm-Bandhagen.
*Andersson, J. G. Fil. Dr, Professor. 91. Förskottsv. 7 .. Hägersten.
Andersson, Mats, Ingenjör. 56. Sv. Diamantbergborrn. AB .... Sundbyberg.
Andersson, S. Laborator. 54. Lantbrukshögsk. .... Uppsala 7.
Anrick, C. J. Fil. Dr, Sekr. hos Sv. Turistför. 16......... Stockholm 7.
Antevs, E. V. Fil. Dr. 14. The Corral, Globe .... Arizona, U. S. A.
Ardö, Paul, Fil. Kand., Assistent 50. Måsvägen 14 C . . Lund.
Arnfelt, H., Fil. Lic., Laboratoriechef. 41. Brötv. 15 . . Bromma.
*Arrhenius, G. Fil. Dr. 42. Scripps Inst. of Oceanogr. . . La Jolla Calif. U. S. A.
*Arrhenius, O. Fil. Dr. 19. Kagghamra .... Grödinge.
Áskelsson, Jóhannes, Lektor. 30. Solvallagata 22 ..... Reykjavik.
Asker, Sven, Fil. Kand. 53. Västanvägen 93 .... Malmö.
*Asklund, B. Fil. Dr, Statsgeolog. 17. .... Stockholm 50.
Assarsson, G. Fil. Dr, Laborator. 20. S. G. U. .... Stockholm 50.
Atlestam, Per-Olof, Fil. Dr, Lektor. 42. Flygaregatan 1 . Motala.
Aurola, Erkki, Fil. Dr, Statsgeolog. 49. Geol. Forskn.anst. Helsingfors.
Avnimelech, M. Prof. 54. Geol. Dep. Hebren Univ . . . . Jerusalem, Israel.

*Backlund, H. G. Fil. Dr, Professor emeritus. 08 .... Uppsala.
Backman, A. L. Fil. Dr, Docent, Forstmästare. 15. St. Robertsgatan 25 .... Helsingfors.
Backman, Göran, Bergsingenjör. 53. Odengat. 47^{III} . . . . Stockholm.
Barkenberg, Axel, Bergsingenjör. 23. Svarvaregat. 18 . Stockholm.
Barnekow, F. Ingenjör. 46. A.-B. Elektrisk Malmletn. Stockholm C.
Barth, Tom, Dr. phil., Professor. 39. Min. inst., Blindern. Oslo.
Behrens, Sven, Fil. Dr. 49. Ö. Vallgat. 49 .... Lund.
*Benedicks, C. A. F. Fil. Dr, Prof. 95. Tegnérlunden 3 . . . Stockholm.
*Bengtson, E. J. Fil. Kand., f. d. Direktör i Bolidens Gruv-A.-B. 06. Näckströmsgatan 1 .... Stockholm.
Bengtsson, Erik, Läroverksadj. 45. Ad. Andersohnsg. 14 B. Vänersborg.
Ben-Yair, M. Dr Ing. 56. C/O Ream, Lipkis street 9 ...... Petach-Tikva, Israel.
Berg, Heino, Amanuens. 55. Sthlms Högsk. .... Stockholm.
*Bergdahl, Arvid, Fil. Dr, Lektor. 26. Hantverkareg. 24 Karlskrona
Bergendal, Åke, Disponent. 44 .... Striberg.
Bergenfelt, Sven, Fil. Lic. 46. Ringv. 5 .... Surahammar..
Berggren, Thelma, Fil. Kand. 37. Bragevägen 21 ...... Stockholm.
Berglund, Björn, Amanuens. 56. Geol. Inst. .... Lund.

Bergman, Waldemar, Ingenjör. 36. Box 405 .... Rättvik.
*Bergquist, N. O. Civilingenjör. 49. Lagerstedt & Krantz A.-B. Tunnelgatan 19 B .... Stockholm.
Bergsten, Karl Erik, Fil. Dr, Professor. 36. Geograf. inst. Lund.
Bergström, Lars, Fil. Kand. 49. Chalmers Tekn. Högsk. Göteborg.
Bergwall, G. Bergsing. Bergmäst. 25. Nya Knutsberg... Nora.
Berthelsen, O. Cand. mag. Avdelingsgeolog. 53. D. G. U. Charlottenlund, Danmark.
Beskow, Gunnar, Fil. Dr, Professor. 23. Chalmers Tekniska Högskola .... Göteborg.
Beyer, Martin, Fil. Kand. 48. Drottninggatan 55 ..... Stockholm.
Bjurström, G., Fil. Lic., Civiling. 35. Riddarg. 12 ..... Stockholm.
Björlykke, Harald, Dr. phil. 47. A. S. Norsk Bergverk, Kr. Augustg. 15 .... Oslo.
Björsjö, N. Fil. Dr, Docent. 45. v. Gerdesgat. 5 .... Göteborg.
Bodman, G. Fil. Dr,, Prof. emeritus. 18. Valhallav. 134 .. Stockholm.
Borell, Ragnar, Fil. Stud. 47. Ormängsv. 42 .... Stockholm-Vällingby.
Borg, T. G. F. Fil. Kand. 52. Geol. Forskn.anst. ...... Helsingfors.
Bring, G. Professor emeritus. 32. Friggavägen 22 ...... Djursholm 1.
Broch, O. A. Statsgeolog. 52. Adv. Wellen, Akersg. 18 ... Oslo.
Brotzen, Fr. Dr. sc. nat., Statsgeolog. 38. *Föreningens ordförande.* S. G. U. .... Stockholm 50.
*Brotzen, O. Fil. Lic. 53. Bolidens Gruv AB .... Boliden.
Brouwer, H. A. Prof. Dr. 31. Nieuwe Prinsengracht 130 Amsterdam C.
Brundin, Otto, Överläkare. 47. V. Trädgårdsgatan 54 . Nyköping.
Buch, A. Stud. mag. 53. D. G. U. .... Charlottenlund, Danmark.
Bugge, Arne, Dr. phil., Bergsingenjör. 23. Postboks 234 Stabekk, Norge.
*Bugge, Carl, Dr. phil., f. d. Direktör för N. G. U. 21. Håkon den godes veg 12 .... Vinderen, Oslo.
Bygdén, A. O. B. Fil. Dr, f. d. Kemist v. Sv. Geol. Unders. 05. Karlavägen 21 .... Stockholm.
*Byström, Ann Marie, Fil. Lic., Kemist. 51. S. G. U. .. Stockholm 50.
Bölau, E. Dr. phil. nat. 49. Höganäs-Billesholms AB .. Höganäs.

*Caldenius, C. Fil. Dr, Docent, f. d. Statsgeolog. 08...... Saltsjö-Duvnäs.
*Callisen, Karen, Dr. phil. 21. Østervoldgade 7 .... Köpenhamn.
Cameron, Richard, B. Sc. 55. Pearl str. 47 .... Laconia, New Hamp., U. S. A.
*Carlborg, H. Kommerseråd. 10. Vikavägen 7 .... Bromma.
Carlson, Josef, Fil. Lic. 38. Erik Dahlbergsgatan 2 .... Lund.
Carlsson, Elver, Ingenjör. 50. Box 1105, Stenslund .... Falun.
Carlsson, J. G. Fil. Kand., Läroverksadj. 38. Strindbergsv. 9 .... Ystad.
Caster, K. E. Professor. 52. Geol. Dept. Univ. Cincinnati 21 Ohio, U. S. A.
*Chen, Kwan Yuan, Fil. Lic. 49. Geol. Inst. National Peking University .... Peking.
Claëson, G. Bergsingenjör. 11 .... Billesholm.
Claesson, O. Folkskollärare. 19. Hackspettsvägen 12 .... Bromma.
Clausen, Hans, Mag. sc., Assistent. 43. Østervoldgade 7.. Köpenhamn.

Collini, Bengt, Fil. Lic., Laborator. 37. *Styrelseledamot.* Lantbrukshögskolan	Uppsala.
Corp, S. O. Bergsingenjör. 32. Odinvägen 25	Djursholm.
Corte, A. E. Dr, Geolog. 49. Universidad Nacional de Cuyo	Mendoza, Argentina.
*Cöster, F. Fil. Lic. 24. Water Dept.	Dodona, Tanganyika.
Dahl, Sven, Fil. Dr, Docent. 45. Sten Stureg. 10 n. b.	Göteborg C.
Dahlman, Bertil, Fil. Lic., Geolog. 48. Spångavägen 51. S. G. U.	Stockholm 50.
*Dahlström, Elis, Fil. Lic. 21. Narvavägen 31	Stockholm Ö.
Dalhammar, Sven, Bergsingenjör. 34. Tyköv. 28	Lidingö 2.
*De Geer, Ebba, Professorska. 08. Sveavägen 34	Stockholm.
De Geer, Jan, Fil. Kand. 43. Trädgårdsgatan 11	Sundbyberg.
Donner, Joakim, Fil. Dr. 51. Norra Kajen 12	Helsingfors.
Dreimanis, Aleksis, Mag. rer. nat. 50. The University of Western Ontario	London, Canada.
Du Rietz, G. E. Fil. Dr, Professor. 14	Uppsala.
*Du Rietz, T. Fil. Dr. 22	Boliden.
Eckerman, B. Tjänstem. 56. Sv. Diamantbergborrn. AB.	Sundbyberg.
*von Eckermann, H. Fil. Dr, Bergsing. Prof. 20. Edeby	Gård, Ripsa.
Edelman, Nils, Fil. Dr. 51. Haveri gruva,	Viljakkala, Finland.
Eklund, Josef, Fil. Dr, Geolog v. Sv. Geol. Unders. 19	Stockholm 50.
Ekman, C. G. Civilingenjör. 45. Klostergatan 7—9	Örebro.
Ekstedt, Å. Ingenjör. 55. Statens Väginst.	Stockholm 26.
*Ekström, G. Fil. Dr, Docent, Statsgeolog. 14	Stockholm 50.
Enberg, Ch. Fil. Kand., Laboratoriechef. 31. Ekebyv. 3	Djursholm 3.
Enermalm, Halvar, Ingenjör. 39. Bergslaget	Blötberget.
Engblom, V. E. Fil. Dr, Rektor. 45. H. a. läroverket	Borås.
Engström, Nils, Civilingenjör. 49. Feriev. 60	Bromma.
Enkovaara, Antti, Fil. Mag. 50.	Oulainen, Finland.
*Envall, E. G. Fil. Kand., Läroverksadjunkt. 12	Örnsköldsvik.
Erdtman, G. Fil. Dr, Prof. 18. Ranhammarv. 22.	Bromma.
Ericson, Bror, Ingenjör. 43. Ringvägen 12	Stockholm.
Eriksson, Barbro, Fil. Stud. 54. Banérg. 79	Stockholm.
Eriksson, Gösta, Fil. Lic. 49. Luthagsespl. 9 A	Uppsala.
Eriksson, Tryggve, Fil. Lic., Statsgeolog. 42.	Stockholm 50.
*Eskola, P. Fil. Dr, Professor. 10. Univ. min.-geol. inst.	Helsingfors.
Fægri, Knut, Dr. phil., Professor. 33. Universitetet	Bergen.
von Feilitzen, Jarl M. Fil. Kand., Amanuens. 51. Mineralog. inst.	Lund.
Fellenius, Bror, Civilingenjör, Byrådirektör. 47. S. J. Geotekn. Avd. Vasagatan 1	Stockholm.
*Fellenius, Wolmar, Prof. emeritus. 20. Valhallav. 66	Stockholm.
Flensburg, Tom, Fil. Mag. 45. Tegnérg. 57	Stockholm.
Flodkvist, Harald. Fil. Stud. Kungsg. 65	Uppsala.
Flodkvist, Herman, Dr. phil., Prof. em. 20. Kungsg. 65	Uppsala.
Florin, Sten, Fil. Dr., Docent, Laborator. 39. Geol. inst.	Uppsala.
Forsell, Paul, Amanuens. 47. Murarevägen 30	Lund.
Fredén, Sven, Fil. Kand. 49. Statens Väginst.	Stockholm 26.

Fredriksson, Kurt, Fil. Kand. 50. Vidarg. 3	Stockholm.
Frendin, Harald, Fil. Mag., Läroverksadjunkt. 30.	Borlänge.
Friberg, N. Fil. Dr., Docent. 52. Sthlms Högsk.	Stockholm.
*Fridborn, D. Fil. Kand., Lantbrukare. 12. Fågelö	Torsö.
Fries, Magnus, Fil. Dr, Docent. 42. Järnbrogatan 4	Uppsala.
Frietsch, Rudyard, Fil. Lic. 49. Smedsbacksg. 32^{II} ...	Stockholm.
*Fromm, E. Fil. Lic., Statsgeolog. 34. *Styrelseledamot*	Stockholm 50.
Fryklund, Verne C. Dr. 50. S 157 Howard st.	Spokane, 4, Wash., U. S. A.
Frödin, John, Fil. Dr, Professor em. 10. Arosplan 6	Uppsala.
Fröman, I. Fil. Mag., Läroverksadj. 44. Tallidsv. 5 B ..	Nacka.
Fröman, K. G. L. Fil. Kand., Bergmästare. 17	Luleå.
Föyn, Sven, Direktör för N. G. U. Josefineg. 34	Oslo.

Gabrielson, Olof, Fil. Lic., Intendent. 34. *Föreningens skattmästare*	Stockholm 50.
Gams, H. Dr. phil., Professor. 24. Botanisches Inst.	Innsbruck-Hötting.
Gandahl, R. Fil. Lic. 46. Statens Väginst.	Stockholm 26.
*Gavelin, Sven, Fil. Dr, Professor. 30. Sthlms Högsk. ..	Stockholm.
*Geijer, P. A. Fil. Dr, Professor, f. d. Överdirektör och Chef f. S. G. U. 05. Agnevägen 5	Djursholm.
Gillberg, G. Fil. Dr. 45. Hornsg. 33 B	Stockholm.
Gillberg, M. Fil. Stud. 52. Hornsg. 33 B	Stockholm.
*Gjelsvik, T. Statsgeolog. 53. Sarsgate 1	Oslo.
Glimberg, C.-F. Fil. Lic. 45. Lokförareg. 3 B	Lund.
Goldkuhl, Algot, Bergsingenjör, Disponent. 29	Hedemora.
Graff-Petersen, P. Mag. scient. 56. Min.-Geol. Inst. Østervoldg. 7	Köpenhamn.
Grane, O. P. Direktör. 55. Skövde Gasbetong AB. Box 78	Skövde.
Granström, C. G. Bergsingenjör, Disponent. 10	Österskär.
Grebius, Hans, Bergsingenjör. 44. Fagersta bruk	Fagersta.
*Grip, Erland, Fil. Lic. Chefsgeol. Bolidens Gruv-A.-B. 29	Boliden.
Gry, Helge, Dr. phil., Statsgeolog. 46. D. G. U.	Charlottenlund, Danmark.
*Grønlie, A. Cand. real. Rektor. 52. Mo i Rana	Norge.
Gummeson, P. E. Bergsingenjör, Direktör. 18	Höganäs.
Günthert, A. W. Dr phil. 56. Wasserhaus, 32	Neuewelt, Baselland, Schweiz.

*Hadding, A. R. Fil. Dr, Professor emeritus. 10.	Lund.
*Hagerman, Tor, Fil. Dr. 22. Statens provningsanst.	Stockholm 26.
Hagerman, Y. Bergsingenjör. 43. Krokvägen 9	Stocksund.
Haglund, Mats, Gruvingenjör. 49. Upplandsv. 7	Malmberget.
*Hagner, Arthur F. Res. Ass. 47. Univ. of Illinois	Urbana, Ill., U. S. A.
Haites, T. B. Dr. phil. 39. Dominion Steel and Coal Corp. Ltd. 725 Kings Road	Sydney, N. S. Canada.
Halden, B. E. Fil. Dr, Docent v. Tekn. Högsk.	Stockholm 70.
Halkier, Christian, Konservator. 47. Østervoldgade 7 .	Köpenhamn.
Halle, T. G. Fil. Dr, Professor em. 05. Eriksbergsg. 7 ..	Stockholm.
Hansen, Kaj, Dr. phil. 38. Gammeltoftsgade 16	Köpenhamn.

*Hansen, Sigurd, Dr. phil., Statsgeolog. 25. Vestervang 18 Köpenhamn-Valby.
Hansson, S. Köpman. 03. Valevägen 27 .... Djursholm 2.
Hasselström, Bengt, Bergsing. 48. Rusthållarv. 89 n. b. Johanneshov.
Hedbom, O. Kartred. 53. AB Kartogr. Inst. Vasag. 16.. Stockholm.
*Hede, J. E. Fil. Dr, Docent. 12. Paleont. Inst.......... Lund.
Hedlund, A. F. f. d. Bergmästare. 01 .... Stjärnhov.
*Hedström, Helmer, Bergsingenjör. 31. A.-B. Elektrisk Malmletn., Kungsgatan 44........................... Stockholm C.
Heier, K. S. Cand. real 56. Min.-Geol. Museum ...... Oslo 47.
Heiskanen, E. V. Fil. Mag. 54. Myllykosken Paperitehdas O. Y.. Myllykoski, Finland.
Helovuori, O. Fil. Kand. 54. Outokumpu O. Y. ...... Outokumpu, Finland.
*Hemming, T. A. O. Ingenjör. 06 .... Mellerud.
Henningsmoen, Gunnar, Konservator. 47. Geol. mus.... Oslo 45.
Henriques, Åke, Fil. Lic. 46. Stormästarvägen 14 .... Lidingö.
*Hernes, I. Amanuens. 55. Geol. Inst. .... Bergen, Norge.
Hesse, P. A. Jurgen. Ing. geolog. 36. Nynäsv. 304 .... Enskede.
Hessland, Ivar, Fil. Dr, Professor. 38. Sthlms Högsk. . Stockholm Va.
Hillefors, Å. Folkskollärare. 52. Högatan 6.......... Göteborg.
Hinricsson, H. Med. Lic., Fältläkare. 54. Gröng. 25 ... Östersund.
*Hjalmarsson, Märta, Fil. Mag., Assistent. 49. Västanv. 8 Åkarp.
*Hjelmqvist, Sven, Fil. Dr, Professor. 27. Geol. inst.... Lund.
Hjern, P. G. Fil. Mag. 54. St. Algatan 3............. Lund.
Hjortzberg-Nordlund, B. Bergsingenjör. 44. Svalnäsv. 14 Djursholm.
Hjulström, Filip, Fil. Dr, Prof. 30. Geograf. inst. .... Uppsala.
Hoel, A. Cand. real., Professor. 09. Min.-geol. mus. ..... Oslo.
Holdar, Carl-Gustav, Fil. Lic. 49. Orrspelsv. 29 ..... Stuvsta.
Holmberg, S. Fil. Kand. 53. van Dürens väg 35 A.... Lund.
Holmgren, Josef E. Geologassistent. 47. Box 3536 ..... Boliden.
Holmquist Arne, Ingenjör. 42. Storsjövägen 6 .... Johanneshov.
*Holmsen, Per, Statsgeolog. 47. N. G. U. Josefinegate 34 . Oslo.
*Holtedahl, O. Dr. phil., Prof. 17. Univ. geol.-paleont. inst. Blindern, Oslo.
Hoppe, G. Fil. Dr, Professor. 46. Sthlms Högsk. .... Stockholm.
Hultman, Elov, Ingenjör. 23 .... Roslags-Näsby.
Hybbinette, Anna-Greta, Fil. Lic. 37. Hemmens Forskn. Inst.. Stockholm
Hyppönen, Viljami, Fil. Mag. 49. Suomen Malmi Oy .. Tiaisenk, 44 Joensuu, Finland.
Hyyppä, Esa, Docent, Statsgeolog. 34. Boulevardsg. 29 .. Helsingfors.
Hägg, R. Fil. Dr, f. d. Museiassistent. 00. Riksmuseum. Stockholm 50.
Härme, Maunu, Fil. Dr. 51. Geol. Forskningsanst. ..... Helsingfors.
Högberg, Erik, Fil. Lic. 51. Korngränd 3 .... Älvsjö.
Högbom, Bertil, Fil. Dr. 10. Agnevägen 24........... Djursholm 2.
Högbom, Ivar, Fil. Dr, Professor. 18. N. Mälarstrand 66 . Stockholm.
Hörnsten, Åke, Fil. Kand. 51. Studentstaden 25...... Uppsala.

Ising, Gustaf, Fil. Dr, Professor. 37 .... Djursholm 2.
Israelsson, Bertil, Direktör. 38. Eriksgat. 16......... Ludvika.
Iversen, Joh. Dr. phil., Statsgeolog. 33. Charlottenlund.. Danmark.

Jaanusson, V. Fil. Lic., Docent. 47. Paleont. inst.	Uppsala.
Jacobsson, Einar, Amanuens. 56. Min.-Geol. Inst.	Lund.
Janelid, I. Professor. Bergsing. 44. Forsetev. 18	Djursholm.
Jansa, V. Civilingenjör. 41. AB. Vattenbyggnadsbyrån	Stockholm.
Jarvik, Erik, Fil. Dr. Intendent. 35. Riksmuseum	Stockholm 50.
Jerbo, A. Fil. Kand. Geolog. 52. S. J. Geotekn. Avd.	Stockholm 1.
Johansson, Bertil, Ingenjör. 26. A.-B. Elektrisk Malmletn., Kungsgatan 44	Stockholm C.
Johansson Ella, Amanuens. 53. Paleont. Inst.	Lund.
Johansson, H. Fil. Lic. 47. Min. inst., Sthlms Högsk.	Stockholm 6.
Johansson, Karl S. Överingenjör. 35. Box 113	Boliden.
Johnson, Nils, Civilingenjör. 38. Klara N. Kyrkog. 26	Stockholm.
Johnsson, Gunnar, Fil. Dr. Lektor. 46. Kastanjegat. 6 A	Lund.
Jonasson, Olof. Fil. Dr. Professor. 24. Lundehagsg. 2	Göteborg.
Jónsson, Jón, Fil. Stud. 52. Paleont. Inst.	Uppsala.
Julin, Henning, Intendent. 51. Karlbergsvägen 12	Stockholm.
Järnefors, Björn, Fil. Lic., Geolog. 47	Stockholm 50.
Järnström, Karl Werner, Prospektor. 51. P. R.	Kiruna C.
Kahma, A. Statsgeolog. 52. Geol. Forskn.anst.	Helsingfors.
Kaitaro, Simo, Fil. Dr. 49. Geol. Forskn. anst.	Helsingfors.
Kallenberg, Sten, Fil. Dr, Lektor. 08. Presidentvägen 3	Enskede.
Karlén, S.-E. Direktör. 44. Villagatan 15	Falun.
Karlsson, Nils, Agr. Lic., 1:ste kemist. 48. Statens lantbrukskem. kontrollanst.	Stockholm 50.
Karlsson, Rudolf, Avdelningsing. 56. Statens Geotekn. Inst. Drottning Kristinas väg 25	Stockholm.
Kauranne, K. Fil. Mag. 55. Geol. Forskn.anst.	Helsingfors.
Kautsky, Fritz, Dr. phil. 39	Boliden.
Kautsky, G. Fil. Dr, Statsgeolog. 45. S. G. U.	Stockholm 50.
Keller, Paul, Dr. phil., Direktor. 28. Institut Humboldt.	Bern, Schweiz.
Kempe, J. Disponent. 07. Engelbrektsg. 10	Ludvika.
Kihlstedt, G. Professor. 44. Molinvägen 13	Bromma.
Kleen, N. Civilingenjör. 93	Valinge, Jönåker.
Klementsson, Arne, Fil. Mag., Läroverksadjunkt. 38. Ringgården 14	Hässleholm.
Klingberg, Gösta, Folkskollärare. 39. Enerum	Byxelkrok.
Koark, Hans J. Dr. phil. Docent. 50. Geol. inst.	Uppsala.
Koch, Karl, Ingenjör. 56. Sv. Diamantbergborrn. AB.	Sundbyberg.
Koch, Lauge, Dr. phil. 24. Kalvebod Brygge 2	Köpenhamn V.
Kolderup, N. H. Dr. phil., Professor. 21. Universitetet	Bergen.
Kollert, Rudolf, Bergsingenjör. 38. Erik Dahlbergsg. 25	Stockholm.
Korpela, K. Fil. Mag. 55	Leppiniemi, Finland.
Kouvo, O. Fil. Kand. 54. Outokumpu O. Y.	Outokumpu, Finland.
Krantz, J. E. Gruvdirektör. 99. Disavägen 3	Djursholm.
Krog, H. Cand. Mag. 54. D. G. U. Charlottenlund	Danmark.
Kruse, Eduard, Civilingenjör. 46. Herman Ygbergs väg 29	Bromma.
Kullenberg, B. Fil. Dr, Professor. 45. Oceanogr. inst.	Göteborg.
Kulling, Oskar, Fil. Dr, Docent, Statsgeolog. 23	Stockholm 50.
Kättström, T. Ingenjör. 45	Boliden.

Käärik, Kaljo, Tekn. Lic. 51. Kallforsväg. 19	Stockholm-Bandhagen.
Köster, Erhard, Ingenjör. 50. Inst. f. angew. Geodäsie. Forsthausstr. 151	Frankfurt am Main.
Lager, Lennart, Ingenjör. 56. Sv. Diamantbergborrn. AB	Stockholm C.
Laitakari, A,. Fil. Dr, Prof. Chef för Geol. forskn.anst. 14	Helsingfors.
Laitakari, A. J. Fil. Mag. 55. Geol. Forskn.anst.	Helsingfors.
Landén, E. Ingenjör. 45. Parkgat. 15	Falun.
Landergren, Sture, Fil. Dr, Docent, Laborator. 23	Stockholm 50.
Lannerbro, Ragnar, Fil. Lic. 43	Mora.
Larsson, Bengt, Fil. Stud. 54. c/o Lindström, Höganäsg. 11 C	Uppsala.
Larsson, Carl, Assistent. 38. Sv. Geol. Unders.	Stockholm 50.
Larsson, Curt, Gruving. 54. Bodås gruvfält	Hästbo.
Larsson, Ingemar, Fil. Dr. 49. Geograf. Inst.	Lund.
Larsson, Walter, Fil. Dr, Statsgeolog. 34	Stockholm 50.
Laurent, Gavonne, Fil. Lic. 40. Svarvaregatan 13	Stockholm.
Laurila, M. Fil. Mag. 54. Outokumpu O. Y.	Outokumpu. Finland
Lehijärvi, Mauno, Fil. Mag. 49. Geol. inst., Universitetet	Helsingfors.
Lehman, Jean-Pierre, Dr. ès Sc. 46. Laboratoire de géologie, Sorbonne, 1. rue Victor-Cousin	Paris.
*Lewenhaupt, Greger, Advokat. 47. Kungsgatan 48	Stockholm.
Lidén, R. Fil. Lic., f. d. Byråingenjör. 06. Lokattsväg. 24	Bromma.
Lindekrantz, Gunnar, Fil. Kand. 42. Lagmansgatan 7 ..	Göteborg.
Lindholm, H. Fil. Kand. 55. Geol. Inst.	Uppsala.
Lindholm, O. Fil. Mag. 55	Otanmäki, Finland.
Lindqvist, Bengt, Fil. Kand. 54. Min.-Geol. Inst.	Uppsala.
Lindroth, Gustaf T., Fil. Dr, Bergsing. 12. Bondeg. 16^{I}	Strängnäs.
Lindskog, Göte, Civiling. 51. Prästskogsv. 20	Stuvsta.
Lindsten, Helga, Landsbibliotekarie. 55	Västerås.
*Lindström, T. G. M., Fil. Lic. 51. Bytaregatan 1	Lund.
Linnman, Gunnel, Fil. Mag. 46. Stormästarvägen 15	Lidingö 4.
Ljunggren, Erik, Fil. Kand. 49. Tenngatan 15^{I}	Västerås.
Ljunggren, P. Fil. Dr, Docent. 45. Geol. inst.	Lund.
Ljunggren, Sven, Fil. Kand. 47. LKAB	Malmberget.
Loberg, B. Fil. Kand. 52. Gränsv. 4	Västerhaninge.
Looström, A. R. Fil. Lic. 06. Artillerig. 63	Stockholm.
*Lundblad, Britta, Fil. Lic., Intendent. 46. Riksmuseum	Stockholm 50.
Lundegren, Alf, Fil. Dr, Folkhögskollärare. 28	Vessigebro.
Lundegårdh, P. H. Fil. Dr, Docent, Statsgeolog. 39 *Föreningens redaktör*	Stockholm 50.
*Lundqvist, Gösta, Fil. Dr, Statsgeolog. 17	Stockholm 50.
*Lundqvist, Jan, Fil. Lic. 48. S. G. U.	Stockholm 50.
Lundqvist, Magnus, Fil. Dr, Kartredaktör. 19. A.-B. Kartografiska Institutet, Vasagatan 16	Stockholm.
Lundqvist, Thomas, Fil. Stud. 54. Krigsstigen 21	Stocksund.
Lupander, Kurt, Fil. Mag. 29. Grundvägen 24 A 18 ..	Helsingfors.
*Låg, Jul. Professor, Dr. 52. Lantbrukshögsk. Wollebekk	Norge.
Lönnborg, Einar, Civilingenjör. 41.	Sandviken.
Löwenhielm, H. Bergsingenjör. 12. Villavägen 4	Djursholm 3.

Magnusson, E. Amanuens. 54. Geol. Inst.	Lund.
Magnusson, N. H. Fil. Dr, Överdirektör och Chef f. Sv. Geol. Unders. 17	Stockholm 50.
Malaise, René, Fil. Dr, Intendent. 47. Riksmuseum	Stockholm 50.
Malmborg, G., Fil. Lic., Lektor. 50. Stampgatan 9	Hälsingborg.
Malmqvist, David, Fil. Dr. 26. Box 524	Boliden.
Malmström, C. Fil. Dr, Professor. 10. Sturegatan 52	Stockholm.
Mannerfelt, C. M:son, Fil. Dr, Docent. 43. Eddavägen 12	Djursholm 1.
Markgren, M., Fil. kand., Assistent. 50. Lokförareg. 9 C	Lund.
Marklund, Nils, Fil. Lic. 44. Gruvförvaltn.	Boliden.
Marmo, Vladi, Fil. Dr. 49. Geol. forskningsanst.	Helsingfors.
Mars, K.-E. Geolog. 45. S. J. Geotekn. Avd.	Stockholm 1.
Martin, L. O. Ingenjör. 33. Korsnäsv. 65	Gävle 2.
Martinsson, A. Fil. Mag. 55. Paleont Inst.	Uppsala.
Martna, Jüri, Fil. Lic. 47. Torsvikssvängen 16	Lidingö 1.
Mason, B. H. Fil. Dr, Prof. 41. Amer. Mus. of Nat. Hist. 79th. Str. & Central Park West, New York 24	N. Y., U. S. A.
Matisto, Arvo, Fil. Dr. 49. Geol. forskningsanst.	Helsingfors.
Matton, C. M. Civiling. 34. Sv. Diamantbergborrn. AB.	Stockholm C.
Mattsson, L. Fil. Lic. Lektor. 55. Gyllenstiernas väg 15.	Karlskrona.
Mattsson, Å. Fil. Mag., Amanuens. 52. Geogr. inst.	Lund.
Meier, Otto, Dr. phil. 20. Sv. Diamantbergborrn. AB., Hamngatan 29	Sundbyberg.
Melcher, G. Min. Eng. 52. Alameda Franca 1329	Sao Paulo, Brasilien.
Mellis, O., Dr. rer. nat., Prof. 37. Min. inst., Sthlms Högsk.	Stockholm.
Mertz, Ellen Louise, Geotekniker. 45. D. G. U.	Charlottenlund, Danmark.
Metz, Karl, Prof. Dr. 48. Universität	Graz, Österrike.
Metzger, Adolf A. Th., Dr, Professor. 27. Åbo Akademi	Åbo.
Mikkola, Aimo, Fil. Dr. 46. Alpua, Outokumpu O. Y.	Finland.
Mikkola, Toini, Fil. Mag. 55. Geol. Forskn.anst.	Helsingfors.
Miller, Urve, Fil. Stud. 53. Grundläggareväg. 10.	Bromma.
Milthers, V. Cand. Polyt., f. d. Statsgeolog. 98. Vendsysselvej 14	Köpenhamn F.
Mitchell, G. F. Dr. 49. 24 Trinity College	Dublin, Irland.
Moberg, C.-A. Fil. Dr, Museidirektör. 52. Göteborgs Museum	Göteborg.
Mogensen, Fredrik, Tekn. Dr, Bergsingenjör. 25	Djurshom 1.
Mohrén, Erik, Fil. Lic., Statsgeolog. 32	Stockholm 50.
Morfeldt, Carl-Olof, Assistent. 47. Friggavägen 17	Lidingö 1.
Munthe, H. Fil. Dr, Professor. 86. Breitenfeldsgatan 2	Stockholm.
Mutvei, H., Fil. Kand. 50. Paleozool. Avd., Riksmus.	Stockholm 50.
Müllern, Fredrik, Sekreterare v. Statens Handelskommission. 50. Rangstagat. 6	Stockholm-Bandhagen.
Mårtenson, Nils, Civilingenjör. 51. Lagerbringsg. 7	Göteborg.
Mårtenson, Olov, Civilingenjör. 51. Metargränd 27	Luleå 2.
Mårtenson, S. Fil. Kand., Lektor. 06. Lagerbringsg. 7	Göteborg.
Mårtensson, Carl, Ingenjör, Fil. Lic. 50. Pilvägen 10.	Lidingö.
Mölder, Karl, Fil. Dr. 48. Geol. forskningsanst.	Helsingfors.
Möller, H. Amanuens. 53. Geol. Inst.	Lund.

*Neumann, Henrich, Dr. phil. 44. Geol. mus.	Olso 45.
Neuvonen, K. J. Fil. Dr. 52. Geol. Forskn.anst.	Helsingfors.
Nielsen, Eigil, Dr. phil., Museumsinspektör. 46. Østervoldgade 7	Köpenhamn.
Nilsson, Erik, Fil. Dr, Docent, 22	Västerhaninge.
Nilsson, Kaj, Fil. Stud. 53. Gröna Lundsgat. 13 B.	Limhamn.
Nilsson, Marianne, Amanuens. 55. Sthlms Högsk.	Stockholm.
Nilsson, Ragnar, Postkontrollör. 20. Norbergsgatan 6	Lund.
Nilsson, Tage, Fil. Dr, Laborator. 27. Geol. inst.	Lund.
*Nisser, W. Fil. Kand., Disponent. 05. Rottneby	Korsnäs.
*Noe-Nygaard, Arne, Dr. phil., Prof. 31. Østervoldg. 7	Köpenhamn.
Nordhagen, Rolf, Professor. 20. Botanisk Museum	Oslo.
*Nordström, Allan, Bergsingenjör. 24. Invernessv. 11	Stocksund.
Norin, Erik, Fil. Dr, Professor. 14. Stureg. 24 B	Uppsala.
Norin, Gunlög, Fil. Mag. 47. Nygatan 1 A	Umeå.
Norin, Rolf, Fil. Dr. 29	Höganäs.
Norling, V. Ingenjör. 45. Sv. Diamantbergborrn. AB.	Stockholm 1 C.
Norrgård, A. F. d. Lantbruksdir. 47. Fruängsg. 12	Nyköping.
Norström, Edvard, Bergsingenjör. 25	Vikmanshyttan.
*Nosow, E. M. S. 52. Box 282 Kentucky Geol. Survey	Hopkinsville, Kentucky.
Nuutilainen, J. Fil. Mag. 55 Otanmäki O Y	Otanmäki, Finland.
*Nykvist, N. Fil. Kand., Amanuens. 55. Ugglevägen 5 C.	Ektorp.
*Nylander, S. Civiling. 52. K. Vattenfallsstyrelsen	Stockholm.
Nyström, E. Fil. Dr, Professor. 19. Hällbygatan 32 B	Uppsala.
Näykki, O. Fil. Mag. 56. Pihlajatie 43 A	Helsingfors.

Odenstad, S. Civiling. Förste Statsgeotekn. 46. Narvav. 25	Stockholm.
Odhner, N. Fil. Dr, Prof. em. 10. Västra Banvägen 13	Enebyberg.
Offerberg, Jan, Fil. Kand. 49. Rörstrandsgatan 32	Stockholm.
Okko, Veikko, Docent. 47. Apollonkatu 7 A 7	Helsingfors.
Olausson, Eric, Fil. Lic. 49. Oceanograf. Inst.	Göteborg.
Olsson, J., f. d. Byrådirektör. 15. Tre liljor 1	Stockholm.
Ornstein, Herbert, Fil. Kand. 49. Box 293	Boliden.

Paarma, H. Fil. Mag. 55	Otanmäki, Finland.
Palm, P. W. Direktör. 39	Njurunda.
Palmén, Stig, Folkskollärare. 47. Sunnerdahls Prakt. ungdomsskola	Bro.
*Palmgren, J. Fil. Dr. 00. Drottningg. 2	Uppsala.
Parsons, A. L. Director em. 27. 360 Fairlawn Ave.	Toronto 12.
Paterson, S. S. Fil. Dr. 43. Lundbacken 6, Aspenäs	V:stad, Lerum.
Pauly, H. Mag. Scient. 53. Kryolitselsk. Øresund A/S, Strandboulev. 84	Köpenhamn Ø.
Pehrman, Gunnar, Fil. Dr, Professor. 30. Åbo Akademi	Åbo.
Peltola, E. Fil. Mag. 54. Outokumpu O. Y.	Outokumpu, Finlan
Persson, O. Fil. Kand. Amanuens. 54. Paleont. Inst.	Lund.
*Petersson, Sven G. Bergsingenjör. 29. Sv. Diamantbergborrn. AB., Kungsgatan 44	Stockholm C.
Pilava-Podgurski, N. Fil. Lic. 47. Lustigknoppsv. 4 C.	Falun.

Pipping, F. Fil. Stud. 55. Kronbergsgat. 7 A .... Helsingfors.
von Post, B. Bergsingenjör. 47 .... Malmberget.
Potonié, R. Prof. Dr. 45. (13 a) Wallenfels, Oberfranken Tyskland.
Pousette, I. Bergsing. 53. Bolidens Gruv-A.-B. .... Laisvall,
Puke, Carl, Fil. Lic. 34. Trappstigen 4 .... Lidingö 1.

Quensel, Percy D. Fil. Dr. Prof. em. 04. Sthlms Högsk. Stockholm Va.

Rankama, K. Fil. Dr. Prof. 45. Geol. inst., Snellmansg. 5 Helsingfors.
Rasmussen, L. B. Mag. scient. Assistent. 53. D. G. U. Charlottenlund, Danmark.
Regnéll, Gerhard, Fil. Dr, Professor. 37. Geol. inst. .. Lund.
Rengmark, F. Fil. Lic., Avdeln.chef. 27. Statens Väginst. Stockholm Ö.
Renwall, Åge, Fil. Mag. 37. Haveri gruva .... Viljakkala, Finland.
Reuterskiöld, A. Fil. Kand. 16. Grevturegat. 80^{II}..... Stockholm Ö.
Reyment, Richard A. Fil. Dr, Docent. 50. Sthlms Högsk. Stockholm.
Rosén, Nils, Ingenjör. 41. Grevmagnigatan 6........... Stockholm.
Rosén, Wilhelm, Överingenjör. 51. Korsnäs AB. ...... Gävle 3.
Rosendahl, Halvor, Konservator. 30. Geol. mus. ...... Oslo 45.
Rosenkrantz, Alfred, Dr. phil., Prof. 29. Østervoldgade 7 Köpenhamn.
Rosenqvist, I. Th. Dr. Phil. 52. Geotekn. Inst. Blindern Oslo.
Roxström, Eric, Ingenjör. 38. AB. Elektrisk Malmletn. Stockholm C.
Rudberg, Sten, Fil. Dr. Docent. 44. Luthagsespl. 10 A. Uppsala.
Rutberg, Karl, Direktör. 31. Villavägen 13 .... Falun.

Saare, E. Fil. Kand., Ingenjör. 55. Artillerig. 93...... Stockholm.
Sahama, Th. G. Fil. Dr, Professor. 29. Universitetet ..... Helsingfors.
Sahlberg, O. Civiling., 54. Bodalsv. 11 .... Lidingö 1.
Sahlbom, Naima, Fil. Dr. 94. Eriksbergsgatan 13 .... Stockholm.
Sahlin, A. O. Ingenjör. 51. L. M. Ericsson .... Stockholm 32.
Sahlin, C.-I. Bergsingenjör. 43. Villastigen 1........... Kiruna.
Sahlström, K. E. Fil. Dr. f. d. Sekr. v. S. G. U. 08 .. Stockholm 50.
Salli, Ilmari, Fil. Mag. 49. Geol. forskningsanst. ...... Helsingfors.
almi, Martti, Fil. Dr, Statsgeolog. 48. Geol. forskn.anst. Helsingfors.
an miguel arribas, A. Dr. Prof. 52. Laboratorio de Petrografia, Univ. de Barcelona .... Barcelona.
andberg, G. Fil. Lic. Laborator. 40. Linnégatan 11 ..... Uppsala.
andegren, E. Civiling. Byrådir. 55. Kräftv. 11....... Lidingö.
andegren, R., Fil. Dr, f. d. Statsgeolog. 10........... Stockholm 50.
andell, Arne, Fil. Dr, Rektor. 36. Vrinnevigat. 4 A .. Norrköping.
arap, Hans, Geolog. 53. S. G. U. .... Stockholm 50.
asserson, I. Fil. Stud. 55. Sävstaholmsv. 203 .... Älvsjö.
auramo, M. Fil. Dr, Professor. 21. Geol. inst., Univers. . Helsingfors.
avolahti, A. Fil. Mag. 56. Jääkarinkatu 10 A 12 .... Helsingfors.
chaeffer, Bengt, Bergsingenjör. 44 .... Säter.
eitsaari, J. Fil. Dr. 52. Univ. min.-geol. inst. .... Helsingfors.
ilfverberg, L. Fil. Lic. Lektor. 51. Läroverksv. 46... Lidingö 1.
imonen, Ahti, Fil. Dr, Statsgeolog. 48. Geol. forskn.anst. Helsingfors.
iverén, S., Fil. Kand. 45. Vanadisplan 8^{IV} .... Stockholm.
jögren, O. Fil. Dr, Lektor. 05. Valevägen 51.......... Djursholm 2.

Skarby, Annie, Fil. Kand. 55. Ängkärrsgat. 3........ Solna.
*Smith, H. H. Bergsingenjör. 93. Drachmansg. 2 .... Bromma.
*Sobral, José M. Fil. Dr. 08. Avenida de los Incas 3020 Buenos Aires.
Sorgenfrei, Th. Afdelingsgeolog. 45. D. G. U. .... Charlottenlund, Danmark.
Soveri, Urpu, Fil. Dr. 46. Sjötullsgatan 21 .... Helsingfors.
Stenberg, K. Ingenjör. 17. Brahegatan 32$^{\mathrm{II}}$ .... Stockholm.
Stenestöm, Seth, Fil. Lic., Assistent. 39. Geol.-min. inst. Lund.
Stollenwerk, E. W. Bergsingenjör. 03 .... Askersund.
Stolpe, T. B. Fil. Kand. 52. Vargvägen 10 C 30....... Hertonäs, Finland.
*Strøm, Kaare, Dr. phil., Professor. 38. Universitetet.... Blindern, Oslo.
Strömberg, A. Fil. Lic., Konservator. 50. Ängskärsg. 5. Stockholm Ö.
Ståhl, Sven G. Fil. Lic. 39. Solhem .... Kvicksund.
Stålhös, Göran, Fil. Lic. 50. S. G. U................. Stockholm 50.
Størmer, L., Dr. phil., Professor. 45. Geol. Mus........ Olso 45.
Sund, R. B. Fil. Kand., Geolog. 48. Folkungag. 96 .... Stockholm.
Sundberg, N. E. Preparator. 53. Tekn. Högsk......... Stockholm 70.
Sundius, N. Fil. Dr, f. d. Statsgeolog. 08 .... Stockholm 50.
Svanholm, J. W. Ingenjör. 35. Mineral Resources Development Corp. Ministry of Mines.................... Rangoon, Birma.
Swedberg, S. B. Fil. Lic., Lektor. 21. Laboratorieg. 3 ... Göteborg.
Svensson, H. Gruvägare. 55 .... Silverhöjden.
Svensson, V. Justerare. 28. Mörbyvägen 15............ Nynäshamn.
Syvänen, M. Fil. Mag., Bibliotekarie. 54. Geol. Forskn.anst. Helsingfors.

*Tamm, O. Fil. Dr, Professor. 12....................... Experimentalfältet.
*Tegengren, F. R. Fil. lic. 07. Ringen 13.............. Stocksund.
Tegneborg, E. Gruving. 54. Bodås gruvfält .... Hästbo.
Tengnér, Staffan, Fil. Kand. 41. Västmannagatan 69 .. Stockholm 6.
Terasmäe, Jaan, Fil. Kand. 50. Royal Botan. Gardens Box 399, Hamilton.............................. Ont., Canada.
Theolin, Axel, Assistent. 47. S. G. U. .... Stockholm 50.
*Thomson, Paul W., Dr. phil., Professor. 28. Amt für Bodenforschung, Westwall 124 .... Krefeld, Tyskland.
Thorarinsson, S. Fil. Dr, Docent. 52. Postbox 532 .... Reykjavik.
*Thorslund, P. Fil. Dr, Professor. 29. Paleont. Inst. ... Uppsala.
Thunmark, Sven, Fil. Dr, Professor. 26. Grönegatan 28 Lund.
Tjernvik, T. E. Fil. Dr. 38. Paleont.. inst............ Uppsala.
Troedsson, Tryggve, Fil. Dr, Assistent. 47 .... Experimentalfältet.
*Troelsen, J. Dr. phil. 53. Østervoldgade 7 .... Köpenhamn.
Troilius, G. Amanuens. 54. Vegagat. 25 .... Lund.
Tryggvason, Tomas, Fil. Lic. 40. Nökkvavogur 26 .... Reykjavik, Island.
Tullström, H. Fil. Lic. 46. S. G. U. .... Stockholm 50.
*Tunelli-Lundholm, Ingrid, Fil. Mag. 40. Nockebyv. 39 Bromma.
Tunhammar, E. Jur. Kand., Direktör. 44. AB. Svenska Tobakmonopolet .... Stockholm 4.
Törnqvist, Gösta, Fil. Dr 47. AB. Elektrisk Malmletn. Stockholm C.
Törnqvist, John, Bergsingenjör. 25. Norra stationsv. 2 .. Kiruna.

*Uytenbogaardt, W. Fil. Lic. 41. Vikingshill.......... Saltsjö-Boo.

Vaasjoki, O. Fil. Mag. 52. Geol. forskn.anst.	Helsingfors.
Vallin, Hervid, Fil. Dr, Lektor. 50. Hunnetorpsvägen 115	Hälsingborg.
Verhoeff, F. H. Seismolog. 51. Shell-D'Arcy Petr. Dev. Co of Nigeria	Overri, Nigeria.
Viluksela, E. Fil. Kand. 52. Outokumpu O. Y.	Outokumpu, Finland.
Virkkala, Kalevi, Fil. Mag. 48. Geol. forskningsanst.	Helsingfors.
Vogt, Th. Dr. phil., Professor. 16	Trondheim.
von Volborth, A. Fil. Mag. 52. Miinalantie	Leppävaara, Finland.
Vähätalo, V. Fil. Dr. 54. Outokumpu O. Y.	Outokumpu, Finland
Wærn, Bertil, Fil. Lic. 36. S:t Johannesgatan 22	Uppsala.
Wager, Oleg, Ingenjör. 51. Svartviksvägen 8	Bromma.
Wahl, W. Fil. Dr, Professor emeritus. 03. Kyrkog. 1 B.	Helsingfors
Wahlgren, E. Fil. Dr, Lektor. 12. Föreningsvägen 30	Malmö.
Waldén, O. Fil. Mag. 55. Geol. Forskn.anst.	Helsingfors.
Wallén, K. O. Apotekare. 46. Förrådsg. 7	Solna.
Wallin, K.-G. Bergsing. 44. Sv. Diamantbergborrn.AB.	Stockholm C.
Weiler, G. Fil. Dr, Lektor. 21. Rocksjögatan 2	Jönköping.
Weiss, E. H. Dr Phil. 56. Bolidens Gruv AB	Boliden.
Welin, Eric, Fil. Lic. 50. Fredrikslundsv. 14^{I}	Bromma.
Wendin, B. Fil. Lic., Läroverksadj. 41. Polhemsg. 8	Stockholm K.
Wennberg, Gunnar, Fil. Dr, Docent. 44. Geol. inst.	Lund.
Wennberg, Gösta, Fil. Lic. Lektor. 50. S:t Annev. 3 C.	Växjö.
Wenner, C.-G. Fil. Dr, Laborator. 35. Sthlms Högsk.	Stockholm.
Werner, Sture, Fil. Kand., Laborator. 39. S. G. U.	Stockholm 50.
Wesslén, A. Fil. Lic. 45. Riddarvägen 54	Lidingö.
Westergård, A. H. Fil. Dr, f. d. Statsgeolog. 01. Villag. 24	Stockholm.
Whittard, W. F. Professor 46. University of Bristol	Bristol, England.
Wickman, F. E. Fil. Dr, Professor. 37	Stockholm 50.
Wickman, Åke, Ryttmästare. 21. Gen. Lit. Anst.	Stockholm.
Widén, C. A. Bergsingenjör. 45	Zinkgruvan.
Wilhelmsson, G. Ingenjör. 43	Vika-Strand.
Wiman, E. Fil. Dr, Lektor. 21. Södra Staketgatan 1	Kristinehamn.
Winge, K. Fil. Lic., f. d. Rektor. 94	Åkerö, Leksand.
Wirstam, Å. Ingenjör. 45. Box 107 A	Boliden.
Woldstedt, P. Dr. phil., Prof. 26. Argelanderstr. 118.	Bonn, Rh., Tyskland.
Wretblad, P. Erik, Fil. Lic. 41	Fagersta.
Yletyinen, O. Fil. Mag. 55. Geol. Forskn.anst.	Helsingfors.
Zenzén, N. Fil. Dr, f. d. Museiassistent. 04. Yngvev. 14	Djursholm 2.
Åberg, Curt, Fil. Stud., Amanuens. 49. Geogr. inst.	Lund.
Åhman, Erik, Fil. Lic., Geolog. 40. *Föreningens sekreterare.* S. G. U.	Stockholm 50.
Åkerblom, D. Fil. Mag., Läroverksadj. 13. Kungsg. 12	Hudiksvall.
Åkerlund, Dag, Fotograf. 53. Norr Mälarstrand 52	Stockholm K.
Åström, Mabel, Fil. Kand. 47. S. Stationsv. 30	Kiruna C.
Ångeby, Olof, Fil. Dr, Lektor. 43. Ölmegat. 15 A	Karlstad.

*Ödman, Olof, Fil. Dr, Professor. 25. Värtavägen 18..... Stockholm Ö.
Ödum, H. Dr. phil., Direktör för D. G. U. 38 .... Charlottenlund, Danmark.
Öhman, H. G. Ingeniör. 53. Kvarngatan 18 .... Stockholm.
*Ölander, Arne, Fil. Dr, Professor. 42. Sthlms Högskola.. Stockholm Va.
Önay, T. S. Dr Müh. 56. Sarayarkas, sokak 36/4...... Ayaspasa-Istanbul.
Örvig, Tor, Dr. phil. Intendent. 46. Paleozool. avd., Riksmus.................................... Stockholm 50.
Öster, Johannes, Fil. Lic., Lektor. 30. Vretagat. 19... Linköping.

Föreningen räknar den 1 januari 1957:

Förste Hedersledamot	1
Korresponderande Ledamöter	17
Ständiga »	102
Årligen betalande »	416
Summa	536

Ledamöter invalda den 10 januari 1957:

Alm, Knut-Fredrik, Fil. Kand. Furusundsg. 11^{I} ...... Stockholm Ö.
Boström, Kurt, Fil. Stud. Onkel Adams väg 2^{I} .... Stockholm 12.
Haapala, Paavo, Fil. Dr., Outohumpu O/Y, Malmg. 16 . Helsingfors.
Kirchmayer, Martin, Dr. phil. Min.-Petr. Inst. d. Univ. Wien.

Stockholm 1957. Kungl. Boktr. P. A. Norstedt & Söner

Geologiska föreningen sänder sina förhandlingar såsom publikationsutbyte till följande sällskap, institutioner etc. i utlandet

* betyder att bytet sker genom Sveriges geologiska undersökning.

*Adelaide	Royal society of South Australia.
Albany	New York state library.
*Ankara	Geological society of Turkey.
Baltimore Md	Department of geology, mines and water resources.
*Bangalore	Mysore geological society.
Basel	Universitets-Bibliothek.
Bergen	Universitetsbiblioteket.
Berkeley Cal.	University of California library.
Berlin	Staatl. geologische Kommission Zentralbibliothek.
*Berlin-Nikolassee	Gesellschaft für Erdkunde.
*Bern	Geologisches Institut der Universitet.
Blindern ved Oslo	Norsk geografisk selskab.
*Bonn	Naturhistorischer Verein der Rheinlande und Westfalen.
*Bonn	Geologisches Institut der Universität.
*Bremen	Naturwissenschaftlicher Verein. Staatsbibliothek.
Brisbane	University of Queensland.
Bruxelles	Institut Royale des sciences naturelles.
Budapest	Magyar allami földtani intezet.
Budapest	Library of the Museum of natural history.
*Budapest	Magyar tudományos akademia könyvtára.
*Budapest	Hidrologiai közlöny.
Buenos Aires	Direccion nacional de mineira.
Buenos Aires	Museo argentino de ciencias naturales.
*Buffalo	Society of natural sciences. Research library.
Bukarest	Comitetul geologic.
*Cairo	Geological society of Egypt.
Calcutta	Geological survey of India.
*Calcutta	Geological, mining and metallurgical society.
Cambridge Engl.	Scott Polar research institut.
Cambridge Engl.	Department of mineralogy and petrology. University.
*Cambridge Mass.	Massachusetts institute of technology. Hayden library.
*Chapel Hill N. C.	University of North Carolina library.
Charlottenlund	Danmarks geologiske undersögelse.
Chicago	Chicago Natural history museum library.
Chicago	John Crerar library.
Cleveland Ohio	Western Reserve university library.
*Columbus Ohio	Chemical abstracts. State university.
*Delft	Kon. Nederlandsch Geologisch mijnbouwkundig Genootschap.
Denver Col.	U. S. Geological survey.
Edinburgh	Geological survey.

*Edinburgh	Geological society.
*Erlangen	Geologisches Institut der Universität.
Frankfurt a.M.	Senckenbergische naturforschende Gesellschaft.
*Freiburg i Br.	Universitäts-Bibliothek.
*Fukuoka Japan	Department of geology. Faculty of science.
*Genève	Société de physique et d'histoire naturelle.
*Glasgow	Geological society.
*Graz	Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark.
Greifswald	Geologisch-paläontologisches Institut der Universität.
*Greifswald	Universitäts-Bibliothek.
*Göttingen	Akademie der Wissenschaften.
Halifax	Nova scotian institute of science.
Halle a. S.	Deutsche Akademie der Naturforscher.
*Halle a. S.	Geologisch-paläontologisches Institut.
Hamburg	Geologisches Staatsinstitut.
Hamburg	Staats- und Universitäts-Bibliothek.
Hannover	Deutsche geologische Gesellschaft.
Hannover	Amt für Bodenforschung.
*Hannover	Deutsche Quartärvereinigung.
*Le Havre	Société géologique de Normandie.
Heerlen	Geologisch Bureau voor het mijngebied.
*Heidelberg	Geologisch-paläontologisches Institut der Universität.
Helsingfors	Geologiska forskningsanstalten.
Helsingfors	Societas geographica fenniæ.
Helsingfors	Universitetets geologiska institut.
Helsingfors	Geografiska institutionen vid universitetet.
Helsingfors	Hydrografiska byrån.
Helsingfors	Finska forstsamfundet.
*Helsingfors	Finska fornminnesföreningen.
Helsingfors	Suomalainen tiedeakatemia.
Jena	Mineralogisches Institut der Universität.
*Johannesburg	Geological society of South Africa.
Kawasaki Japan	Geological survey of Japan.
Kiel	Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein.
*Krakow	Akademia umiejetnosci.
Krakow	Geological society of Poland.
Köpenhamn	Dansk geologisk forening.
Köpenhamn	Mineralogisk museum.
Köpenhamn	K. Danske geografiske selskab.
Köpenhamn	Universitetets geografiske laboratorium.
*Lausanne	Société vaudoise des sciences naturelles.
*Leeds	Yorkshire Geological society.
*Leiden	Geologisch-mineralogisch institut.
*Leipzig	Sächsische Akademie der Wissenschaften.
Leningrad	Bibliotèque de l'Academie des sciences.
*Liège	Société géologique de Belgique.
*Lille	Société géologique du Nord.
*Lima	Sociedad geológica del Perú.
Lissabon	Servicos geológicos de Portugal.
*Lissabon	Sociedad geológica de Portugal.

*Liverpool	Geological society. University library.
Ljubljana	Geoloski zavod LRS.
London	Geological survey and museum.
London	Geological society.
*London	Geologist's association.
London	The Science library.
London	The Iron and steel institute.
Madison Wisc.	Wisconsin academy of sciences, arts and letters.
Madrid	Instituto geologico y minero de España.
*Mendoza Arg.	Instituto de geografia.
Menlo Park Cal.	U. S. Geological survey.
Mexico	Instituto de geologia de la universidad.
Minneapolis	University of Minnesota library.
Montreal	Mc Gill university library.
München	Bayerische Akademie der Wissenschaften.
*Nagoya Japan	Institute of earth sciences. Faculty of sciences.
*Nanking	Geological society of China.
*Nancy	École national supérieur de géologie appliquée.
*New Haven	American journal of science. Yale university library.
New York	Academy of sciences library.
New York	American museum of natural history library.
Oslo	Norges geologiske undersökelse.
Oslo	Geologisk museums bibliotek.
*Oslo	Universitetets oldsakssamling.
Ottawa	Geological survey of Canada.
Paris	Société géologique de France.
*Paris	Société francaise de minéralogie.
Paris	Bibliotéque de l'école des mines.
Peking	Academia sinica library.
*Penzance	R. Geological society of Cornwall.
Perth	Geological survey of Western Australia.
Philadelphia	Academy of natural sciences library.
Praha	Úsredni ústav geologicky.
Pretoria	Geological survey.
*Rennes	Société géologique et minéralogique de Bretagne.
*Quebec	Le Naturalist Canadien.
Rochester	Rochester Academy of sciences.
Rock Island	Augustana College.
Roma	Servizio geologico d'Italia.
*Roma	Società geologica Italiana.
Roma	Accademia nazionale dei Lincei.
*Rostock	Archiv der Freunde der Naturgeschichte.
*San Diego	Society of natural history.
*San Francisco	California Academy of sciences.
*Sao Paulo	Instituto geografico e geologico.
Sapporo Japan	Department of geology and mineralogy.
Socorro	New Mexico Bureau of mines and mineral resources.
*Sofia	Bulgarische geologische Gesellschaft.
Stanford Cal.	Stanford university libraries.
Strasbourg	Service de la carte géologique.

Sydney	Fisher library. University. (For Geological survey.)
*Szeged Ung.	Mineralogical petrographical institute. University.
*Tokyo	Geological society of Japan.
Tokyo	Geological institute. Faculty of science.
*Toronto	Canadian institute.
Tromsö	Tromsö museums bibliotek.
Trondheim	K. Norske videnskabers selskabs bibliotek.
Trondheim	Tekniske höjskoles geologiske institut.
Tübingen	Oberrheinischer geologischer Verein.
Urbana	University of Illinois library.
*Vancouver	Department of geology and geography. University of Br. Col.
Warszawa	Institut geologiczny.
Warszawa	Red. Acta geologica polonica.
Washington	U. S. Geological survey library.
Washington	Library of congress.
Washington	Smithsonian institution library.
*Washington	Geophysical laboratory. Carnegie institution.
Wellington	New Zealand Geological survey.
Wellington	Royal society of New Zealand.
Wellington	Dominion museum.
*Viborg Danm.	Det danske hedeselskab.
Wiesbaden	Hessisches Landesamt für Bodenforschung.
Wien	Geologische Bundesanstalt.
*Wien	Geologische Gesellschaft.
Wien	Naturhistorisches Museum.
Vollebekk	Norges landbrukshöjskoles bibliotek.
*Zaragoza	Instituto de estudios Pirenaicos.
Åbo	Geologisk-mineralogiska institutet.
*Åbo	Universitetsbiblioteket.

GEOLOGISKA FÖRENINGENS
I STOCKHOLM
FÖRHANDLINGAR
BAND 79 HÄFTE 1 N:o 487

Notes on the Upper Ordovician and Lower Silurian of the Tapa District, Estonia

By

Jüri Martna

Department of Geology, University of Stockholm

Abstract. The Upper Ordovician Saunja (FIa), Vormsi (FIb), Pirgu (FIc), and Porkuni (F_2; in this paper included in the Ordovician) stages and the Lower Silurian Juuru (G_1) stage are briefly characterized lithologically and faunistically according to the writer's field observations in the Tapa district. A stratigraphic column of the Lower Silurian in central Estonia up to the Adavere (H) stage is republished, somewhat modified, after Elsa Rosenstein (1943). A correlation of the lowermost Silurian between Estonia and Norway is suggested, whereby the supposedly considerable hiatus between the Porkuni and Juuru stages is much diminished.

Introduction

The Paleozoic in the region of Tapa (»Taps»)[1] includes deposits belonging to the Upper Ordovician and the Lower Silurian. The area investigated by the present writer lies chiefly to the south-west of the town of Tapa (see figs. 1 and 2). To the west and the north the area is bounded by thick belts of glacial drift, whereas to the east it is bordered by another, only slightly known, area of Paleozoic deposits, that of Saksi (»Saxi») Manor (Schmidt 1858, p. 114; Öpik 1937). To the south and south-east it is continuous with the Silurian of the Porkuni-Tamsalu (»Borkholm»-»Tamsal») area (Öpik 1937; Rosenstein 1938; 1940; 1943).

The deposits of the Tapa district were treated by Schmidt in 1858 (pp. 114—116), and later on briefly dealt with by Raymond (1916,

---

[1] Here and elsewhere in the present paper the place names in brackets and quotation marks are the abandoned German forms, still frequently used in the literature. These place names lost their justification long ago. They were the official names before 1918, but had never been used by the local population; they are not found on the official maps of Estonia.

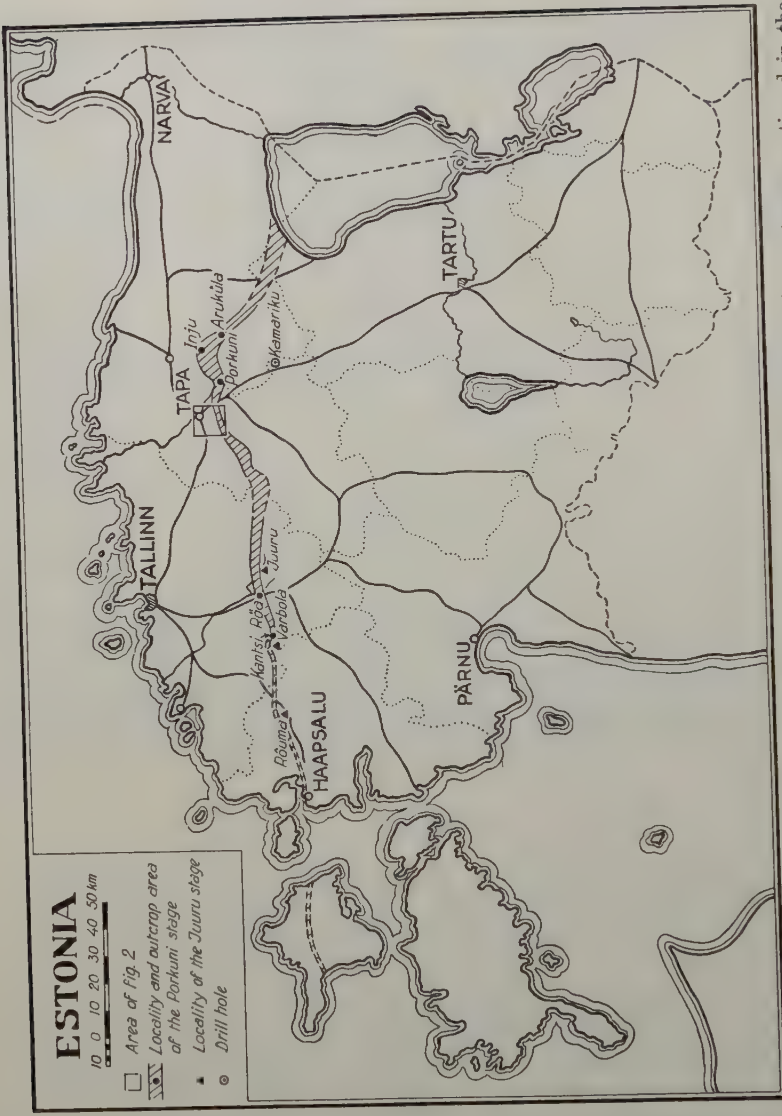


Fig. 1. Area of outcrop of the Porkuni stage, the localities of the Porkuni and Juuru stages mentioned in the text, and the location of the drill hole at Kamariku.

p. 201), Twenhofel (1916, p. 295), and Öpik (1937), though onl those in the eastern part of the area. The present writer visited the district in the summers of 1940 and 1942, in the latter year on behal of the Geological Survey of Estonia. The present study is part of th result of the work of a team, the general stratigraphic results of whic have been published by Jaanusson (1944; 1956).

Following Jaanusson (1944) the present writer classifies the »Lyck holmer Schicht» (F_1) of SCHMIDT's definition (1881) as three major divisions termed the Saunja (F_Ia), Vormsi (F_Ib), and Pirgu (F_Ic) stages, respectively. This stratigraphical classification is indicated by the scheme given in Table 1.

Table 1. *Stratigraphic divisions of the Upper Ordovician of Estonia. After* JAANUSSON *(1944).*

FR. SCHMIDT 1881		JAANUSSON 1944	
F_2	Borkholmer Schicht	F_2	Porkuni stage
F_1b	Lyckholmer Schicht	FIc	Pirgu stage
		FIb	Vormsi stage
F_1a		FIa	Saunja stage
	Strata incognita		
E	Wesenberger Schicht	E	Rakvere stage

The question where the boundary between the Ordovician and Silurian should be drawn in Estonia has been much debated. A table showing the various opinions put forward in this connection was given by JAANUSSON in 1944. In view of recent evidence (JAANUSSON 1956, p. 389 ff.) the present writer agrees with FR. SCHMIDT's (1858) opinion, namely, that the boundary should be placed between the Porkuni (F_2) and Juuru (G_1) stages.

The stratigraphy and lithology of the Lower Silurian is shown in the generalized stratigraphic column given in fig. 5.

The writer wishes to express his gratitude to his friend VALDAR JAANUSSON, Fil. lic., for valuable discussions and criticism.

The Saunja Stage (FIa)

The lower beds of this stage do not outcrop in the Tapa district. The upper beds are made up of a yellowish-grey to buff-coloured lithographic[1] limestone with numerous horizontal and vertical fissures.

---

[1] The term lithographic is used here as defined by JAANUSSON and MARTNA (1948, foot-note on p. 186): »A compact, hard, cryptocrystalline limestone with conchoidal fracture, characterized by small amounts of argillaceous material and a few relatively small fragments of fossils.» The lithographic limestone is understood to be an extreme, pure type of calcilutite as defined by JAANUSSON (1952).

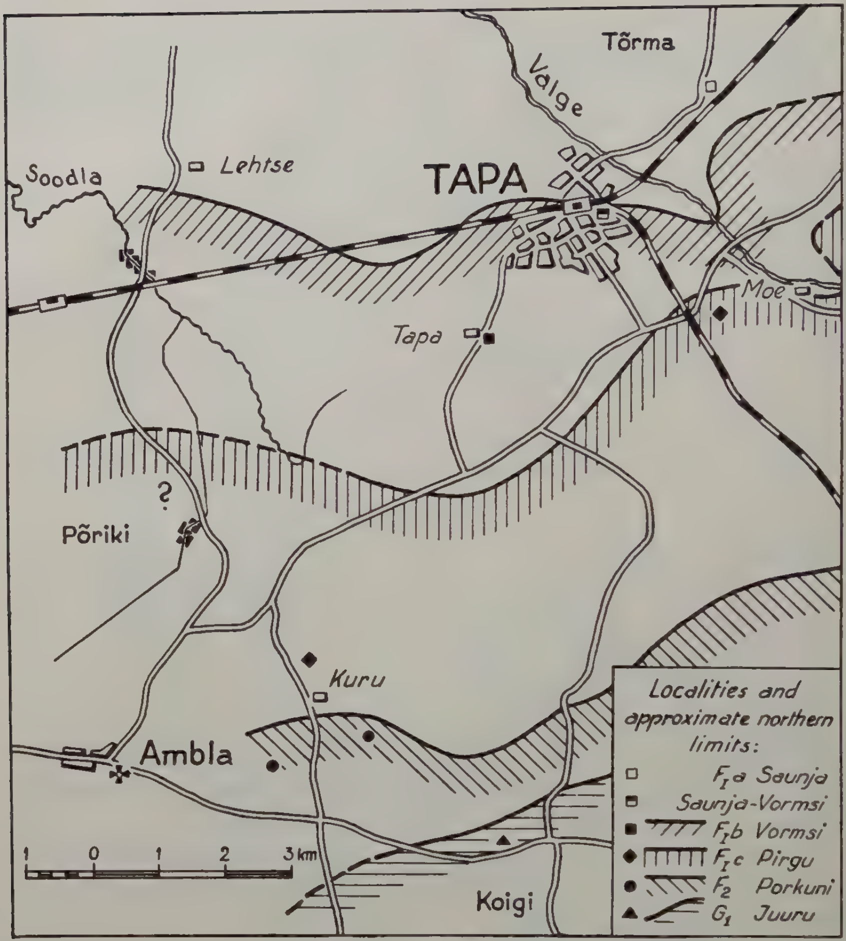


Fig. 2. Distribution of the discussed localities in the Tapa district, and the approximate areas of outcrop of the stages.

This limestone is relatively poor in fossils. It consists of a cryptocrystalline matrix containing sparse, irregularly distributed fragments of re-crystallized calcitic shells, and spherical aggregates of calcite crystals (fig. 3). The shell fragments are 0.1—2 mm in size, whereas the aggregates of calcite crystals have a diameter of 0.1—0.2 mm. In thin sections from different samples and localities the fragments > 0.1 mm amount to 1.1—6.0 % of the rock.[1] Grains of reddish-brown iron oxide of a size of 0.01 mm are more or less evenly distributed in the matrix. As they occasionally still have the shape of cubes and pyritohedrons, these grains are to be regarded as decomposed pyrite. The very fine terrigenous material is also evenly distributed in the matrix.

---

[1] These measurements, carried out with an integrating micrometer, give an approximate idea of the grain size of the sediment. The method, as well as the terms calcilutite and calcarenite are discussed by Jaanusson (1952); see also Martna (1955).

In its general petrographical character the lithographic limestone of the Saunja stage is closely similar to the limestone of the Rakvere (E) stage and these two limestones have therefore repeatedly been confused. Thus RAYMOND (1916, p. 201), TWENHOFEL (1916, p. 295), and ÖPIK (1937, p. 51) reported exposures of the Rakvere stage in the Tapa district. These exposures, however, are all beds of the Saunja stage. There are no exposures of the Rakvere stage in the Tapa region; the outcrop area of this stage lies farther northwards.

In a small quarry north-east of the town of Tapa and south of the village of Tõrma (fig. 2), the typical lithographic limestone of the Saunja stage is exposed in a 3 m thick section. The beds encountered belong to the uppermost part of the stage, and the fauna shows some resemblance to that of the Vormsi stage. The following fossils were collected:

Dalmanellidae spp., *Nicolella* n.sp., *Rafinesquina* cf. *semipartita* (ROEM.), »*Eunema*» *rupestre* (EICHW.), *Hormotoma insignis* (EICHW.), *Megalomphala* sp., *Subulites subula* KOKEN, *Chasmops eichwaldi* SCHMIDT, as well as unidentified forms. Corals are rare; a few tetracorals only having been collected.

The limestone of the Saunja stage is a typical lime-mud rock (calcilutite). The overlying limestone of the Vormsi stage, on the other hand, is more or less calcarenitic, consisting to a considerable extent of shell fragments. For the present the boundary between the Saunja and the Vormsi stages is defined mainly on such lithological data. It should be stressed, however, that several species characteristic of the Vormsi stage are present already in the upper part of the Saunja stage. Thus it is possible that the upper part of the Saunja stage, as defined at present, may belong faunistically in the Vormsi stage.

Owing to the presence of several temporary exposures, the town of Tapa and its immediate neighbourhood offered relatively good possibilities for investigations of the passage beds between the Saunja and the Vormsi limestones. However, only minor sequences could be observed in one and the same exposure.

The following section of the passage beds in question was studied in 1942 in a temporary exposure about 200 m south-east of the railway station at Tapa (fig. 2):

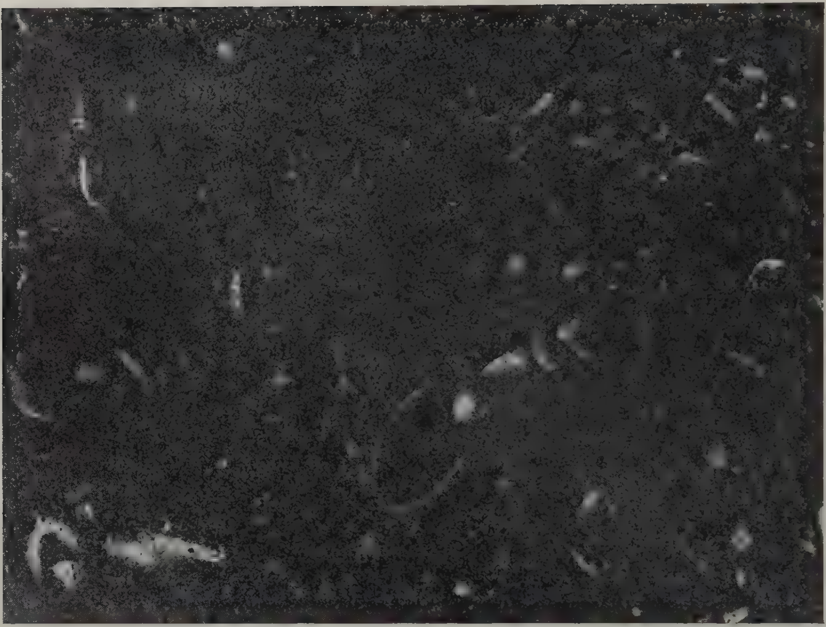


Fig. 3. Calcilutite with 60 % shell fragments > 0.1 mm. Upper part of the Saunja stage from Tapa, coll. G. Holm. Thin section, ordinary light, Ilford Gamma filter, × 40. Photo by author.

40 cm +	irregularly bedded yellowish-grey calcarenite, covered by loose blocks and moraine;
〰	a probable discontinuity surface[1];
2 cm	yellowish calcilutite;
9 cm	marl, rich in iron oxide (decomposed pyritic aggregates);
28 cm +	calcilutite interbedded with calcarenite; thickness of individual beds about 4 cm.

Similar sections were observed in other exposures situated within a distance of about one kilometer from that treated above. Thus, according to the writer's observations, the passage beds between the Saunja and Vormsi limestones are characterized by a cyclical sedimentation of calcilutite and calcarenite. Only one discontinuity surface was observed in the sections, but in view of the difficulties in corre-

---

[1] A discontinuity surface (»Diskontinuitätsfläche», Orviku 1940) is a surface produced by a break in the sedimentation. The discontinuity surfaces described hitherto are marked by special impregnations, often combined with lithological differences between the beds immediately below and above the surfaces. The term »discontinuity surface» is essentially a lithological term, and in itself says nothing about the duration or nature of the break in the sedimentary sequence.

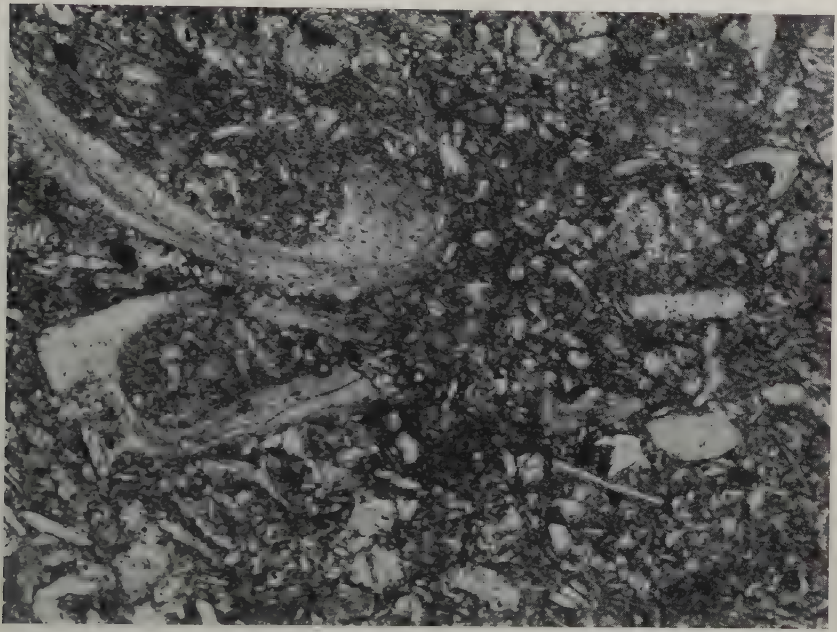


Fig. 4. Calcarenite with 28.6 % shell fragments > 0.1 mm. Kõrgessaare zone of the Vormsi stage from Tapa, coll. FR. SCHMIDT. Thin section, ordinary light, Ilford Gamma filter, × 40. Photo by author.

lating precisely the different strata in the small exposures, the possibility should be taken into account that more than one discontinuity surface may exist in the beds (JAANUSSON 1944, p. 95).

The Vormsi Stage (F_1b)

The Vormsi deposits exposed in the Tapa district belong to the lower part of the stage, viz. the Kõrgessaare zone (JAANUSSON 1944); which is made up of a fine-grained, thin-bedded (average thickness of beds about 4—5 cm), argillaceous limestone, bluish-grey when fresh, but yellowish when weathered.

Under the microscope the limestone is seen to consist of a lutaceous matrix, rich in shell fragments without any preferential orientation (fig. 4). In a thin section from Tapa, the shell fragments > 0.1 mm constitute 28.6 % of the rock. Pyrite occurs sparsely, and is evenly distributed in the matrix as aggregates and grains of a size of 0.01—0.2 mm. Some of the shell fragments are impregnated with minute grains of pyrite. Apart from clay, allochtonous minerals are represented by some minute (0.01—0.02 mm) grains of quartz.

A small quarry at Tapa Manor, immediately east of the Ambla road (fig. 2), shows a section of about 1.5 m in the Vormsi stage. The fossils here collected include:

Discoceras roemeri Strand, *Strandoceras sphynx* (Schmidt), *Nicolella* n.sp., *Rafinesquina semipartita* (Roemer), *Lophospira* sp., *Illaenus roemeri* Volb.

In connection to the deepening of the Soodla brook for drainage purposes an excellent cutting in beds of the Vormsi stage was obtained, immediately north of the railway near the road to Lehtse Manor (fig. 2). The fauna from this cutting, which is characteristic of the Kõrgessaare zone, contains the following forms:

Glaphyrocystis cf. *wöhrmanni* Jaekel, *Dinorthis* (*Plaesiomys*) *solaris* (Buch), *Nicolella* n.sp., *Porambonites gigas* (Schmidt), *Rafinesquina semipartita* (Roem.), *Sowerbyella schmidti* (Törnq.), *Sowerbyella* n.sp., »*Orthis*» *lyckholmiensis* (Wys.), *Triplesia insularis* (Eichw.), *Vellamo verneuili* (Eichw.), *Spyroceras senckenbergi* Teichert, »*Eunema*» *rupestre* (Eichw.), *Lophospira aista* (Koken), *Megalomphala crassa* Koken, *Salpingostoma cornu* (Koken), *Schizolopha esthona* (Koken), *Subulites gigas* (Eichw. 1842), *Subulites subula* Koken, *Chasmops eichwaldi* Schmidt, *Encrinurus* cf. *multisegmentatus* (Portl.), *Illaenus angustifrons* Holm, *Illaenus roemeri* Volb., *Halysites* sp., *Propora* spp., and many unidentified forms.

The Pirgu Stage (Fɪc)

In the Tapa district the Pirgu stage is exposed at one, or possibly two localities only. An old quarry near Moe (»Muddis») Manor (fig. 2) displayed in 1940 a few beds of a marly, yellowish limestone. The fossils here collected include:

Barbarorthis foraminifera Öpik, *Boreadorthis crassa* Öpik, *Nicolella* sp., *Plectatrypa sulevi* Jaanusson, »*Orthis*» *lyckholmiensis* (Wys.), *Subulites enormis* Koken.

In spite of the fact that corals are comparatively rare the above faunal assemblage clearly indicates that we are concerned with the lowermost part of the Pirgu stage, namely the Nyby zone as defined by Jaanusson (1944; 1956). According to Jaanusson corals constitute a considerable part of the fauna of the Pirgu stage. This is, however, true only for the western part of Estonia, where even reefs may be found in the Nyby zone (Jaanusson, loc. cit.), but not for the central and eastern parts, where corals are comparatively rare. The rarer occurrence of corals in the Nyby zone at the Moe Manor locality is thus in accordance with the general decrease in the frequency of the corals in the Pirgu stage from the western towards the central and eastern parts of Estonia.

The abundant shell fragments in the marly limestone from Moe occur without any regular orientation in the lutaceous matrix. Shell fragments > 0.1 mm measured in two thin sections amounted to 17.3 and 23.0 % of the rock. Pyrite was sparsely represented as grains of 0.01—0.02 mm in size. Apart from quartz, of which a few small (0.01—0.03 mm) grains could be observed, the other allochtonous minerals were all of submicroscopic size.

The only other locality with rocks possibly referable to the Pirgu stage was a ditch near the village of Põriki (fig. 2). Here a dark grey, very hard, and almost unfossiliferous limestone was encountered. As the only fossils found were *Sarcinula* n.sp. aff. *organum* (L.) and *Aulacopium?* sp., the stratigraphical position of this limestone could not be established. Rocks of this type occur in the upper part of the Vormsi stage and the middle part of the Pirgu stage. This locality is possibly referable to the middle part of the Pirgu stage, that is to say, the Lohu zone (JAANUSSON 1944).

The locality mentioned by SCHMIDT (»bei Kurro ... keine halbe Werst nördlich vom Gute», 1858, p. 113) somewhat north of the Kuru (»Kurro») Manor (fig. 2) was found to be totally covered by vegetation.

The Porkuni Stage (F_2)

The deposits classified in the Porkuni stage include dolomitic, crystalline, and argillaceous limestones. Stromatoporids seem to appear for the first time in this stage. The minimum thickness in central Estonia is 7.5 m.[1]

The lowermost part of the stage consists of a dark yellow dolomitic limestone, thick-bedded to non-stratified, and very poor in fossils. The reference of this limestone to the Porkuni stage, and not to the Pirgu stage, is proved by its fossil content which, though small, *inter alia* includes the typical large *Rafinesquina?*, which SCHMIDT (1881, p. 40) determined as *Strophomena expansa* Sow. Owing to the fact that this dolomitic limestone is more resitant to denudation than the beds immediately above and below, it usually appears in the topography as a conspicuous terrace. The term Röa beds is here suggested for this dolomitic limestone and beds equivalent to it after the localities at Röa south of Kohila in the province of Harjumaa (fig. 1; JAANUSSON 1956, fig. 3).[1]

---

[1] According to v. WAHL (1923, p. 25) the Porkuni stage is 6.16 m thick in the quarry at Porkuni. Since v. WAHL apparently did not consider the Röa beds to belong to the Porkuni stage, the thickness of this stage is somewhat greater than stated by him. The thickness of the Röa beds is unknown but is at least 1.4 m (observed at Kuru) and does probably not exceed 4—5 m.

The occurrence of the Porkuni stage south of Kuru Manor in the Tapa region is limited to exposures in two small quarries. The Porkuni stage appears here topographically as a gently sloping terrace.

One of the quarries, situated southeast of Kuru Manor in the northernmost part of a forest (fig. 2), displayed 1.4 m of a dark yellow, non-stratified dolomitic limestone belonging to the Röa beds. The other quarry lies in the same forest but about 1.5 km further southwestwards. Here the following section was measured:

120 cm+	thin-bedded (beds 4—8 cm), light grey crystalline limestone;
65 cm+	thick-bedded (beds up to 28 cm), dark yellow dolomitic limestone (Röa beds).

No identifiable fossils were obtained from the two localities.

The Juuru Stage (G1)

The deposits of the Juuru stage are made up of dolomitic and argillaceous limestones interbedded with marls. Among the genera which appear for the first time in Estonia *Coelospira, Clorinda, Stricklandia,* and *Phacops* may be specially mentioned. According to ROSENSTEIN (1943, p. 481) the stage is 13 m thick in central Estonia.

The borehole at Kamariku (ROSENSTEIN 1943, p. 481; see figs. 1 and 5) revealed hitherto unknown deposits between the Porkuni (F_2) and Juuru (G_1) stages. These beds are unfossiliferous and consist of a white quartzose sandstone below and of a white dense limestone above, each with a thickness of roughly 2 m. ROSENSTEIN (1943) regards these beds as belonging to the Porkuni stage, yet without motivating this opinion. According to JAANUSSON (1956, p. 392) the presence of a sandstone in this sequence of calcareous beds, built up of mainly autochtonous material, suggests a considerable change in the sedimentary environment, and possibly also a hiatus below the sandstone. JAANUSSON correlates this sandstone with the 6a-sandstone in Norway and considers it as the basal part of the Juuru stage, and also as basal Silurian.

---

[1] The Röa beds are known from the following localities: Aruküla, Inju, and Porkuni in the province of Virumaa; Kuru in the province of Järvamaa; Kantsi and Röa in the province of Harjumaa (fig. 1). The beds are exposed in small quarries.

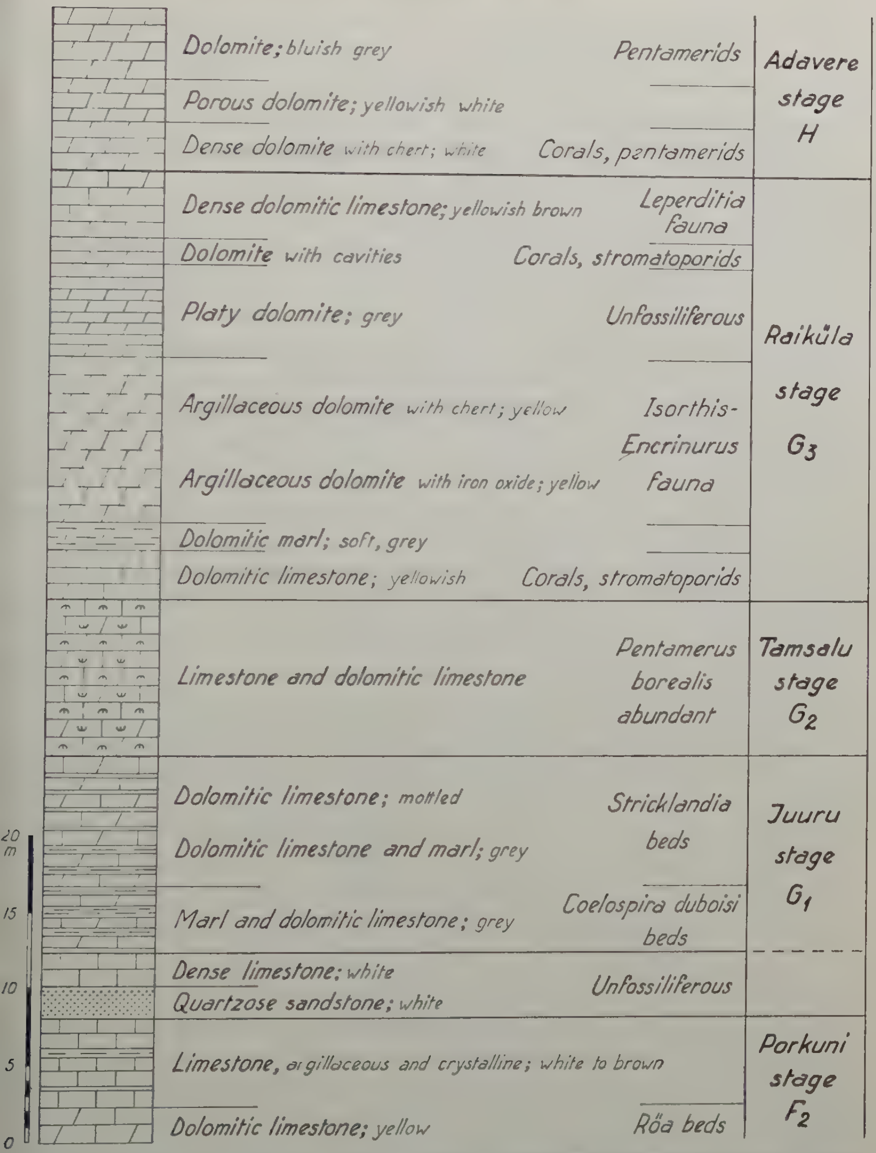

Dolomite; bluish grey
Pentamerids
Porous dolomite; yellowish white
Dense dolomite with chert; white
Corals, pentamerids
Adavere stage H
Dense dolomitic limestone; yellowish brown
Leperditia fauna
Dolomite with cavities
Corals, stromatoporids
Platy dolomite; grey
Unfossiliferous
Argillaceous dolomite with chert; yellow
Isorthis-Encrinurus fauna
Argillaceous dolomite with iron oxide; yellow
Dolomitic marl; soft, grey
Dolomitic limestone; yellowish
Corals, stromatoporids
Raikküla stage G3
Limestone and dolomitic limestone
Pentamerus borealis abundant
Tamsalu stage G2
Dolomitic limestone; mottled
Dolomitic limestone and marl; grey
Stricklandia beds
Marl and dolomitic limestone; grey
Coelospira duboisi beds
Juuru stage G1
Dense limestone; white
Quartzose sandstone; white
Unfossiliferous
Limestone, argillaceous and crystalline; white to brown
Dolomitic limestone; yellow
Röa beds
Porkuni stage F2
20 m
15
10
5
0

Fig. 5. Generalized stratigraphic column of the uppermost Ordovician and the Lower Silurian in central Estonia. Redrawn and modified from Rosenstein (1943, fig. 1).

This somewhat schematic section was first published by Rosenstein. The lower part is based on the drilling at Kamariku (fig. 1; the main part of this boring through the Cambrian and Ordovician has not been published), whilst the upper part is a result of Rosenstein's partly unpublished investigations in central Estonia.

Rosenstein places the beds of sandstone and dense limestone beneath the Juuru stage *s.str.* with the Porkuni stage (see also Öpik in Bubnoff 1952, p. 128). In the present writer's opinion, the stratigraphic position of these strata cannot be considered as definite (see p. 32). Apparently, following v. Wahl (1923, p. 25), Rosenstein did not refer the dolomitic limestone of the Röa beds to the Porkuni stage; these beds have been added to the section by the present writer.

The Ordovician-Silurian boundary is placed at the base of the unfossiliferous sandstone beds (see also Jaanusson 1956, p. 392).

In the present writer's opinion it is rather probable that the beds discussed represent basal Silurian; nevertheless it seems appropriate to leave the question of the stratigraphic position of these unfossiliferous beds open until paleontological information is forthcoming.

According to ROSENSTEIN (1940; 1943) the lower part of the Juuru stage *s.str.* in central Estonia consists of marl alternating with beds of dolomitic limestone, all comparatively poor in fossils. *Coelospira duboisi* (DE VERNEUIL) is a characteristic member of their fauna. These beds were termed the *Coelospira duboisi* beds by ROSENSTEIN (1943, p. 486). The upper part of the stage, termed the *Stricklandia* beds by ROSENSTEIN (1943, p. 485), is built up of dolomitic limestone of organodetritic origin, interbedded with marl. The lower beds of this sequence are very fossiliferous and have probably yielded the bulk of the fossils recorded from the Juuru stage (FR. SCHMIDT 1858, p. 138 ff.; 1881, p. 42). They are characterized faunistically *inter alia* by the locally abundant occurrence of *Stricklandia lens* SOWERBY. In the upper part of the *Stricklandia* beds fossils are rare and poorly preserved, and only a few corals and stromatoporids have been found to be determinable. Today only this upper portion of the *Stricklandia* beds is exposed at Juuru (»Jörden»; fig. 1), the type locality of the stage.

A new exposure of beds of the Juuru stage was found by the present writer in the Tapa area, in a small quarry near the road from Ambla to Tamsalu, north-west of the village of Koigi (fig. 2). The rock consists of weathered marly dolomitic limestone of a mottled, yellowish colour. As indicated by the only fossil found, *Coelospira duboisi* (DE VERNEUIL), this limestone belongs to the lower part of the Juuru stage.

In view of the fact that the Juuru stage is poorly exposed, the field observations of this stage made by the present writer and collaborators outside the Tapa district may be of some interest; in the main they corroborate the opinions set forth by ROSENSTEIN.

In an abandoned quarry at Rõuma (fig. 1), where ÖPIK (ÖPIK and LAASI 1937, p. 6) supposed the Juuru stage possibly to be exposed, the uppermost beds of the stage were found. These uppermost beds were exposed to a thickness of about 0,8 m and were sharply marked off from the superimposed lowermost layers of the Tamsalu stage, distinguished by abundant occurrence of *Pentamerus borealis*. The section at Rõuma was much the same as the corresponding ones described by ROSENSTEIN from other localities.

A previously unknown exposure of the Juuru stage was found in an abandoned well in the earthworks of the prehistoric fortress of Varbola (fig. 1). The rocks and fossils encountered were in the main those which were to be expected according to ROSENSTEIN.

Remarks on the correlation of the lowermost Silurian

KIAER (1897, pp. 50—52) showed the Porkuni stage (F_2) to be the equivalent of zone 5b in Norway (see also JAANUSSON 1956), and (KIAER 1908, p. 564) assumed the Juuru and Tamsalu stages (G_1 and G_2) together to correspond to the Norwegian zone 7a. According to these correlations there was a hiatus in Estonia between the Porkuni and Juuru stages, corresponding to the étage 6 in Norway. The same view was held by several subsequent authors (SCUPIN 1928 a, b; TEICHERT 1928).

In 1940 ROSENSTEIN showed that *Stricklandia lens* is present in the Juuru stage and correlated this stage with zone 6c in the Norwegian stratigraphical scheme. She also expressed the opinion that the lowermost part of the Juuru stage distinguished by her possibly represented zone 6 b β in Norway (ROSENSTEIN 1940, p. 8; see also ÖPIK in BUBNOFF 1952, p. 129).

However, the étage 6 forms a faunistic unity; its subdivisions seem to be mainly rock units with a comparatively uniform fauna, although displaying some differences in facies (KIAER 1908). The correlative value of such subdivisions is rather limited, and it does not seem possible to trace them from Norway to Estonia.

In the opinion of the present writer the Juuru stage corresponds more or less completely to the étage 6, and a suggested correlation of the uppermost Ordovician and the lowermost Silurian is as follows:

Estonia	Norway
Tamsalu stage (G_2)	Zone 7 a
Juuru stage (G_1)	Étage 6
Possible hiatus	
Porkuni stage (F_2)	Zone 5 b

The duration of the hiatus between the Porkuni and Juuru stages discussed above must be considerably reduced. The possibility of a break in the sedimentary sequence cannot be excluded; but this, in comparison with KIAER's opinion, much reduced hiatus should not be of practical importance for international correlations.

References

BUBNOFF, S. VON, 1952: Fennosarmatia. Geologische Analyse des europäischen Kerngebietes. — Berlin (Akademie-Verlag).

JAANUSSON, V., 1944: Übersicht der Stratigraphie der Lyckholm-Komplexstufe. — Bull. Comm. géol. Finlande *132*, 92—100. Helsinki.

— 1952: Untersuchungen über die Korngrösse der ordovizischen Kalksteine. — Geol. Fören. Förh. *74*, 121—130. Stockholm.

— 1956: Untersuchungen über den oberordovizischen Lyckholm-Stufenkomplex in Estland. — Bull. Geol. Inst. Uppsala *36*, 369—400. Uppsala.

— and MARTNA, J., 1948: A section from the upper Chasmops Series to the lower Tretaspis Series at Fjäcka rivulet in the Siljan area, Dalarne. — Bull. Geol. Inst. Upsala *32*, 183—193. Uppsala.

KIAER, J., 1897: Faunistische Übersicht der Etage 5 des norwegischen Silur-Systems. — Vidensk.-Selsk. Skrifter. I Math.-naturv. Klasse. *1897*: 3. Kristiania.

— 1908: Das Obersilur im Kristianiagebiete. — Vidensk.-Selsk. Skrifter. I. Math.-Naturv. Kl. *2* (1906), 1—595. Christiania.

MARTNA, J., 1955: Studies on the Macrourus and Slandrom formations I. Shell fragment frequencies of the Macrourus formation and adjacent strata at Fjäcka, Gräsgård, and File Haidar. — Geol. Fören. Förh. *77*, 229—256. Stockholm.

ÖPIK, A., 1937: Porkuni-Tamsalu ümbruse geologiast (Summary: The geology of the environment of Porkuni-Tamsalu). — Eesti Loodus *1937*, 50—58. Publ. Geol. Inst. Univ. Tartu *53* (1938). Tartu.

— and LAASI, A., 1937: Läänemaa geoloogia (Referat: Geologie von Läänemaa). Publ. Geol. Inst. Univ. Tartu *51*, 1—29. Tartu.

ORVIKU, K., 1940: Lithologie der Tallinna-Serie (Ordovizium, Estland) I. — Acta et Comm. Univ. Tartuensis *A 36*, 1—249. Publ. Geol. Inst. Univ. Tartu *58*. Tartu.

RAYMOND, P. 1916: The correlation of the Ordovician strata of the Baltic basin with those of eastern North America. — Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll. *56* (Geol. Ser. *10*), 179—286. Cambridge, Mass.

ROSENSTEIN, ELSA, 1938: Borealis-lubjakivid Tamsalu-Rakke vahelises lubjatööstusrajoonis (Summary: The Borealis-limestone in the district between Tamsalu and Rakke). — Eesti Loodus *1938*. Publ. Geol. Inst. Univ. Tartu *63* (1941). Tartu.

— 1940: Andmed Juuru lademe kohta (Summary: Data concerning the Juuru formation). — Eesti Loodus *1940*. Publ. Geol. Inst. Univ. Tartu *63*, 1—11 (1941). Tartu.

— 1943: Unregelmässigkeiten im Einfallen der untersilurischen Schichten Estlands im westlichen Teil der Pandiver'schen Erhebung. — Annales Soc. Reb. Nat. Inv. Univ. Tartuensi Const. *47*, 479—487. Tartu.

SCHMIDT, FR., 1858: Untersuchungen über die silurische Formation von Ehstland, Nord-Livland und Oesel. — Arch. f. Naturk. I Ser. *2*, 1—247. Dorpat.

— 1881: Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten I. — Mém. Acad. Imp. Sci. St. Pétersbourg. VII Sér. *30*: 1, 1—237. St. Pétersbourg.

SCUPIN, H., 1928 a: Beiträge zur Geologie der ostbaltischen Länder: 2. Chronologische Unstimmigkeiten im ost- und westbaltischen Obersilur und die stratigraphischen Beziehungen beider Obersilurgebiete. — Centralbl. f. Min. etc. *1928*, Abt. B, 1—15 Stuttgart.

— 1928 b: Ostbaltikum I. Algonkium, Paläozoikum und Mesozoikum. — Die Kriegsschauplätze 1914—1918 geologisch dargestellt *9*, 1—270. Berlin.

TEICHERT, C., 1928: Stratigraphische und paläontologische Untersuchungen im unteren Gotlandium (Tamsal-Stufe) des westlichen Estland und der Insel Dagö. — N. Jahrb. f. Min. etc., Abh., Beil.-Bd. *60*, Abt. B, 1—112. Stuttgart.

TWENHOFEL, W. H., 1916: The Silurian and high Ordovician strata of Esthonia, Russia, and their faunas. — Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll. *56* (Geol. Ser. *10*), 289—354. Cambridge, Mass.

WAHL, A. VON, 1923: Mitteilungen über die Geologie von Borkholm und seiner Umgebung, — Sitz.-ber. Naturf. Ges. Univ. Dorpat (Tartu) *29*, 23—29 (1922). Tartu.

Some Data concerning the Mineralogy of the Karlshamn Granite

By

ROLF B. NORIN

Abstract: The granite, a coarse massive type, contains the following minerals: quarz, microcline, oligoclase, biotite, sphene, apatite, zircon, and magnetite with some secondary sericite, chlorite, and calcite. The minerals were isolated according to the method shown diagrammatically in Fig. 1. The relation between chemical composition and optical properties of the microcline and the biotite is elucidated. In the system of P. Niggli the granite represents a normal-granitic to yosemite-granitic magma type.

The granite to be treated in this paper, known among Scandinavian petrologists as the Karlshamn Granite, occupies considerable areas of the middle part of the province of Blekinge, in South-Eastern Sweden, extending as a large and several subsidiary massifs westwards to Karlshamn, eastwards to Edestad and in the north to the neighbourhood of Backaryd. Although the rock is frequently referred to in geological literature as one of the typical post-orogenic Gothian granites, it has earlier been described only summarily and no chemical and mineralogical investigation has been made. The mineralogical and petrographical data presented below may therefore be of some value.

In the paper »Geologisk beskrivning över Blekinge Län», BLOMBERG (1900) considers the Karlshamn granite as more or less strictly equivalent to the so called Jämshög Granite in the northern part of the mountainous region of Ryssbergen at the western boundary of the province. According to BLOMBERG the mineral constituents are quartz, orthoclase (microcline), oligoclase, dark mica, sphene, orthite, and calcite. The texture varies between coarse, eyed rocks within the main body and streaky and partly fine-grained varieties within the marginal areas. No more detailed mineralogical or chemical analysis is presented. Some additional information about this rock is to be found in the explanatory description by H. HEDSTRÖM to Geological Survey of Sweden: Ser. A_1a, Sheet 5, 1906, which covers parts of the provinces of Småland and Blekinge. Here, the streaky (flasriga) appearance of the rocks, often to be noticed in the field, is correlated with microscopical observation on the optical undulosity of the quartz, the crushing of the feldspars, and subsequent appearance of calcite. Two chemical analyses are given. They have been included in Table 1 below.

Table 1

	1	2	3	4		5	
SiO_2	75.10	66.10	64.41	67.77		69.3	
TiO_2	0.56	0.81	1.03	0.74		0.8	
Al_2O_3	12.50	13.57	15.14	15.12	16.92	14.6	15.8
Fe_2O_3	0.67	4.80	3.05	1.80		1.2	
FeO	0.82	2.23	2.75	1.89	5.32	1.7	5.4
MnO	0.50	0.41	—	—		—	
MgO	0.32	0.75	1.07	0.92		1.1	
CaO	1.28	4.13	3.21	2.51		2.6	
Na_2O	2.69	3.56	3.22	3.37	8.11	3.5	8.4
K_2O	5.27	2.58	4.69	4.74		4.9	
H_2O	—	—	0.16	0.40		0.3	
P_2O_5	—	—	0.72	0.44		0.1	
CO_2	—	—	0.22	0.26		—	
Loss on ign.	0.47	0.54	—	—		—	
	100.18	99.48	99.67	99.96		100.1	

1. Railway section east of Härsjön Ry St:n. Hedström 1906.
2. Möllenäs, eastern farm house, about 2 km N.N.E. of Härsjön Ry St:n. Hedström 1906.
3. Kallinge, north of Ronneby. Analyst: E. ERIKSSON, Höganäs.
4. Highroad north of Kullåkra. Analyst: E. ERIKSSON, Höganäs.
5. D:o. Chemical composition calculated from planimetrical analysis. Length of slide section measured 600 mm.

In a tectonical analysis of the Karlshamn Massif by HABETHA (1936), and in ASKLUND's paper »Gatsten och kantsten» (1947), the mineralogy of the Karlshamn granite has been cursorily treated. Attension may be drawn also to the present writer's description of the rock in his paper on the geology of western Blekinge in 1936.

Table 2

	Weight %	1 000 × M	Norm		N-values		Mood	
SiO_2	64.41	1 072	Q	21.4	si	261		%
TiO_2	1.03	13	or	27.8			Quartz	21.5
Al_2O_3	15.14	149	ab	27.3	al	36	Feldspar	65.7
Fe_2O_3	3.05	19	an	9.7	fm	25	or+ab+an	
FeO	2.75	38	C	1.2	c	14		
MgO	1.07	27	Sal	87.4	alk	25	Biotite	9.1
CaO	3.21	57	hy	3.5	k	0.50	Titanite +	
Na_2O	3.22	52	ap	1.7	mg	0.26	apatite	1.4
K_2O	4.69	50	il	2.0			Magnetite	2.3
H_2O	0.16	—	mt	4.4	$\frac{alk}{al-alk}$	2.5		
P_2O_5	0.72	5	cc	0.5				
CO_2	0.22	5	fem	12.1	Magmatype: Normal-granitic			
			H_2O	0.2				
	99.67			99.7				

Karlshamn granite.
Coarse-grained, eyed microcline granite, Kallinge, north of Ronneby.

Table 3

	Weight %	1 000 × M	Norm		N-values		Mood	
SiO_2	67.77	1 128	Q	25.0	si	307		Weight %
TiO_2	0.74	9	or	27.8			Quartz	26.0
Al_2O_3	15.12	148	ab	28.3	al	40		
Fe_2O_3	1.80	11	an	8.1	fm	19	Microcline	23.5
FeO	1.89	26	C	1.5	c	12	Plag.an_{23}	38.5
MgO	0.92	23	Sal	90.7	alk	28		
CaO	2.51	45					Biotite	9.1
Na_2O	3.37	54	hy	3.1	k	0.48		
K_2O	4.74	50	ap	1.0	mg	0.32	Apatite	0.3
H_2O	0.40	—	il	1.4	$\frac{\text{alk}}{\text{al-alk}}$	2.4	Titanite	1.5
P_2O_5	0.44	3	mt	2.6				
CO_2	0.26	6	cc	0.6	Magmatype:		Magnetite	1.1
			fem	8.7	Yosemite			
			H_2O	0.4	granitic			
	99.96			99.8		/		100.0

Karlshamn granite.
Coarse, even-grained microcline-granite. Kullåkra.

Generally speaking, the Karlshamn granite is a coarse-grained massive type of granite of grayish red or red colour. The coarsest varieties are usually not found in the central parts of the massif but rather within the easterly parts, *e. g.* around Kallinge, north of the township of Ronneby. The granite encloses large portions of older Archean rocks, mainly referable to the supercrustal rock series of the so called coastal gneiss (kustgnejs), which have become more or less extensively altered metamorphically by the granite. With the appearance of granitic sills and veinlets in the locally predominant gneisses, coarse- to fine-banded arteritic migmatites develop (Hällaryd, Sternö), which grade into massive and rather homogenous granite. In places assimilating processes seem to have been active whereby gneiss material has been incorporated in the granitic magma, a process which may be traced in HEDSTRÖM's analyses of the granite from Härsjön, 3 km north-east of Bräkne-Hoby (Table 1). The other analyses in the same table, executed at the Central laboratory of the Höganäs-Billesholm Co, for the present paper, exhibit better agreement between themselves with a composition similar to that of the less salic of the granites (No. 2) analyzed by HEDSTRÖM.

Analysis No. 3 from Kallinge refers to a very coarse-eyed granite with microclines up to 5 cm in size. The material for this analysis was procured thus: 5 kg of the rock was crushed to small fragments whereafter the sample was reduced by means of dividing apparatus.

Analysis No. 4 represents a medium- to coarse-grained granite with microclines of centimetre size. The integration analysis of this specimen was made on a series of thin-sections over a length of 600 mm. — The Norm and Niggli-values of the new analyses are given in Tables 2 and 3.

In the specimens investigated by the writer only the following minerals seem to be present, viz. quartz, microcline, plagioclase, biotite, (amphibole), sphene, apatite, zircone, and magnetite together with secondary sericite, chlorite, and calcite which enter rather sparingly. The plagioclase represents two generations, one earlier, with composition An_{30}, and one younger, more sodic; the former appears occasionally as nicely idiomorphic individuals with rounded corners within the large eyes of microcline (Cfr also NORIN 1936, p. 542).

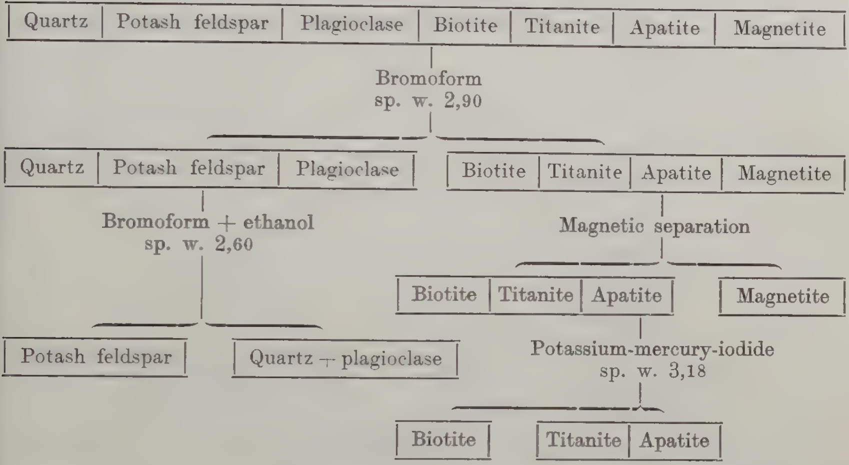
The modal composition of the Karlshamn Granite is given in Tables 2 and 3. Concerning the chlorite, this mineral can be identified only sporadically as aggregates in parts of the biotite individuals, the composition of the aggregates probably representing approximately the composition of the biotite.

Concerning the Kallinge granite, which is too coarse-grained for planimetrical calculation of its actual mineral composition in thin-sections, the following method has been used for this purpose. The amount of mafic mineral constituents has been determined by means of heavy liquids (see below). Then the magnetite present in the heavy fraction has been extracted with a strong magneto and the amount determined, the pureness being controlled under the microscope. From the remainder of the mafic fraction, sphene + apatite has been separated; thus the amount of biotite (+ chlorite) is obtained. Among the light felsic minerals, free quartz has been determined chemically according to the method of HIRSCH-DAWIHL (1932) by digestion of the sample with H_2O-free H_3PO_5 at 250° C. The modal composition of the Kullåkra Granite, on the other hand, was determined planimetrically. The process of separation is shown diagrammatically in Fig. 1 below. The large sample of granite from Kallinge has furnished the material for the analysis of the biotite in Table 5 after treatment according to scheme. Inspection under the microscope of the biotite thus isolated, indicated a pureness of about 99 %.

The minerals which are of special interest in the present case are the berthollide silicates, viz. microcline, plagioclase and biotite.

Microcline often occurs in large crystals, and material can be picked out directly from the coarse Kallinge granite with its large microcline eyes, several centimetres in size and often surrounded by a corona of oligoclase, as well as from the medium-grained Kullåkra

Fig. 1. Scheme of separation.



granite. In the fraction quartz — potassium feldspar — plagioclase, the quartz + plagioclase can be separated from the potassium feldspar by careful dilution of bromoform with ethanol.

Table 4

	Weight %	10 000 × M		Weight %	10 000 × M
SiO_2	65.80	10 956	CaO	0.91	162
TiO_2	0.26	33	Na_2O	3.02	487
Al_2O_3	19.12	1 876	K_2O	10.37	1 101
Fe_2O_3	0.55	34	P_2O_5	0.18	13
FeO	0.25	35	H_2O	0.23	128
MgO	sp.	—	CO_2	0.18	41

Microcline from Karlshamn granite. Kallinge.
Analyst E. Eriksson, Höganäs.

Microcline appears, however, with all grain-sizes, bordering on the other minerals with undulating contacts; the phenocrysts usually exhibit rather distinct idiomorphy. When bordering on plagioclase, spongy, wart-like protuberances of myrmekite often penetrate into the microcline from the contact. The microcline often also contains inclusions of plagioclase, slightly stained with secondary sericite and calcite. These inclusions prevent an exact determination of the amount of albite which enters in the form of solid solution with the potash feldspar. The chemical composition of the microcline isolated from the Kallinge granite, is given in Table 4. Owing to the very intimate intergrowth of plagioclase, quartz and accessories with the microcline, the analysis of the phenocrysts corresponds to the following mineral composition:

Quartz	7.8 %
Potassium feldspar	57.7 »
Albite	25.5 »
Anorthite	1.2 »
Sericite	5.1 »
Titanite	0.6 »
Apatite	0.4 »
Magnetite	0.8 »
Undefined	0.9 »
	100.0 %

The total composition of the feldspar components thus becomes $or_{68}ab_{30}an_{02}$.

Owing to the very dense quadrille structure of the microcline, exact determination of the axial angle and the position of the optical vectors could not be made. In sections parallel to (001) the following values were obtained

$$(001)\colon\ \alpha = 85^\circ$$
$$(001)\colon\ \beta = 13^\circ$$
$$(001)\colon\ \gamma = 79^\circ$$

The refractive indices, determined in sodium light, are

$$n\alpha = 1.5224$$
$$n\gamma = 1.5304$$
$$n\gamma - n\alpha = 0.0080 \text{ (Calc.)}$$

The plagioclase generally appears as single crystals and the frequency of twinned individuals is remarkably low. It is common as inclusions in the large microcline eyes. The position of the optical vectors are

$$(010)\colon\ \alpha = 88^\circ$$
$$(010)\colon\ \beta = 84^\circ$$
$$(010)\colon\ \gamma = 5^\circ$$

corresponding to an_{15} or an_{23}.

The refractive indices (sodium light) are

$$n\alpha = 1.5402$$
$$n\gamma = 1.5488$$
$$n\gamma - n\alpha = 0.0086 \text{ (Calc.)}$$

corresponding to an_{23}.

Biotite. By the separation procedure outlined above a considerable quantity of rather pure biotite could be isolated from the rock. The chemical analysis is given in Table 5. An analysis of biotite from Butte (WEED 19) has been added for comparison, together with the average composition of biotites from granites and granitic pegmatites according to TRÖGER (1935).

Table 5

	1		2		3	
SiO_2	40.83		36.85		35.58	
TiO_2	1.25		3.61		2.50	
Al_2O_3	17.02	20.87	14.10	19.47	16.10	23.13
Fe_2O_3	3.85		5.37		7.03	
FeO	14.60	15.31	14.12	14.32	14.47	14.47
MnO	0.71		0.20		—	
MgO	9.77	12.20	12.49	12.49	10.20	11.02
CaO	2.43		—		0.82	
Na_2O	1.49	7.68	0.15	9.51	1.46	9.76
K_2O	6.19		9.36		8.30	
H_2O	1.83		3.75		3.60	
					100.06	

1. Biotite, Kallinge. Analyst E. Eriksson, Höganäs.
2. D:o , Butte (acc. WEED, Journ. Geol. Vol. 7 p. 743).
3. D:o , modal average composition acc. TRÖGER 1935.

The principal difference between the Kallinge biotite and the biotites concerned is a slightly higher percentage of SiO_2 and lower of potassium in the former. Based on the type formula of PAULING (1930)

$$KX_nY_4O_{10}(OH,F)_2 \qquad KX_n{}^{VI}Y_4{}^{IV}O_{10}(OH,F)_2$$

the structural formula of the Kallinge biotite has been calculated from the values in Table 6.

Table 6. Biotite

		at prop.	Symbol
SiO_2	40.83	0.680	Q
TiO_2	1.25	0.016	—
Al_2O_3	17.02	0.334	A
Fe_2O_3	3.85	0.048	F^3
FeO	14.60	0.203	F^2
MnO	0.71	0.010	
MgO	9.77	0.242	M
CaO	2.43	0.043	C
Na_2O	1.49	0.048	N
K_2O	6.19	0.131	K
H_2O	1.83	0.203	—
	99.97		

K is exchangeable to a limited extent by Na and Ca. The excess of Al above the amount needed to fill the 4-coordinated cation positions, together with trivalent iron, has been joined to the 6-coordinated divalent cations

$$(K_kNa_n)\ (Mg_m\overset{\mathrm{II}}{Fe}_{fe}2,Ca_c)\ (Al_{a-4+q}\overset{\mathrm{III}}{Fe}_{fe}3)\quad [(Al_{4-q}Si_qO_{10})\ (OH)_2]$$

Sum of negative charges = 22,0 $[O_{10}(OH)_2]$

$$\text{Factor f} = \frac{22,00}{4Q + 3A + 3F^3 + 2F^2 + 2M + 2C + N + K} = 4,36$$

The exponents k, n etc. then become

$$q = f \cdot Q, \qquad a = f \cdot A \text{ etc.}$$

and the formula of the biotite

$$(K_{0.57}Na_{0.21})\ (Mg_{1.05}Fe^{+2}_{0.89}Ca_{0.19})\ (Fe^{+3}_{0.21}Al_{0.43})\quad [(Al_{1.03}Si_{2.97}O_{10})\ (OH)_2]$$

or simplified

$$\text{Total charges}\qquad \underbrace{R^{+1}_{0.78}(R^{+2}_{2.13}R^{+3}_{0.64})\ [(Al_{1.03}Si_{2.97}}_{+21,9}\underbrace{O_{10})\ (OH,F)_2]}_{-22,0}$$

The biotite in the Karlshamn Granite is brownish yellow to brownish green:

$$\beta = \gamma \text{ brownish green, } \alpha \text{ light brownish yellow}$$

Refractive indices and birefringence

$$n\alpha = 1.587 \text{ (calc.)}$$
$$n\beta_{,Na} = n\gamma_{,Na} = 1.635 \text{ (obs.)}$$
$$n\gamma - n\alpha = 0.048 \text{ (obs.)}$$
$$2V\alpha \text{ very small.}$$

References

Asklund, B., 1947: Gatsten och kantsten. — S. G. U., Ser. C, No. 479.

Blomberg, A., 1900: Geologisk beskrivning över Blekinge län. — S. G. U., Ser. Ca, No. 1.

Hedström, H. och Wiman, C., 1906: Beskrivning till Blad 5. — S. G. U., Ser. A_1a.

Habetha, E., 1936: Tektonische und gefügekundlische Untersuchungen am Karlshamner Granitmassiv. — Abh. a. d. geol.-pal. Inst., Greifswald.

Norin, R., 1936: Contributions to the geology of western Blekinge. — G. F. F., Bd. 58, pp. 481—561.

Pauling, L., 1930: Structure of chlorites. — Proc. Nat. Acad. Sci., Vol. 16, pp. 578—82.

Tröger, W. E., 1935: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin.

Determination of the Composition of Garnets without Chemical Analysis

By

RUDYARD FRIETSCH

Abstract: In the present paper an account is given of the extent a determination of only the unit cell dimension and the refractive index may be used to predicte the composition of a garnet. For this purpose 17 analysed garnets were investigated, the unit cell dimensions and the refractive indices are shown in Table 1. By using fig. 1 and 2, in which the unit cell size and the refractive index of 60 analysed garnets have been combined, it is possible to obtain a characterization accurate enough to be used in petrogenetical problems. To distinguish accurately between an almandite and a spessartite partial chemical analysis for manganese is necessary. From fig. 2 it seems clear, however, that a garnet with $n < 1.80$ and > 1.82 is not especially rich in spessartite.

The relationships between the chemical composition of a garnet and the rock type in which it occurs is, in many cases, of great interest when considering petrogenetical problems. This has been held forth by a number of authors and in detail by HERITSCH (1926) and WRIGHT (1938). The determination of the composition by means of chemical analysis is, however, tedious as well as expensive and there are good reasons for trying to attain this end by simpler means.

The relationships between the physical properties and chemical composition of the garnet group has been studied by many mineralogists. Of basic importance is the investigation by FORD (1915) in which he showed that the refractive index and specific gravity depend on the chemical composition. By means of equilateral triangular graphs given by Ford together with a determination of the chief components it is possible to certain degree to predict the chemical composition of a garnet.

STOCKWELL (1927) showed that the variations in the size of the unit cell can be used to advantage to characterize certain features of the chemical composition of the garnet group. According to Stockwell it is possible, if the dimensions of the unit cell, refractive index and specific gravity are known, to determine the composition just as accurately as by Ford's method, and no supplementary chemical tests are necessary, apart from a test for manganese — the last-mentioned to make it possible to distinguish between garnets rich in spessartite or almandite. Stockwell shows further that it is possible only by means of X-ray data (size of unit cell, intensities of lines) combined with a qualitative test for MnO to approximately determine the composition. Stockwell uses right-angled diagrams in which size of the unit cell, refractive index and specific gravity are combined.

WINCHELL (1927) considers all andradite-grossularite garnets to be anisotropic, which would not be the case with almandite-pyrope-spessartite garnets. A determination of the optical character and a determination of the refractive index or specific gravity is, according to Winchell, sufficient to approximately determine the composition.

v. PHILIPSBORN (1928) showed that the triangular diagrams given by Ford are not sufficiently accurate: a very small amount (2—3 per cent) of a fourth component may change the refractive index and specific gravity considerably. He considers tetrahedral diagrams as most suitable for an accurate determination.

FLEISCHER (1937) verified the results of the investigations of Ford and Stockwell, and gave somewhat modified values of the unit cell dimensions and specific gravities.

LEVIN (1949) stated that by means of algebraic equations it is possible to determine a five-component garnet, in which the sum of andradite, grossularite, almandite, pyrope and spessartite is 99 per cent, with an accuracy of 1 per cent, if the size of the unit cell, refractive index and specific gravity are known, and a quantitative determination of either MnO or FeO has been made.

Of the physical properties which have been used in the above mentioned papers, it is in every case most difficult to obtain an accurate value for the specific gravity, owing to the fact that garnets often contain inclusions. Moreover a small amount of material renders the determination of the specific gravity difficult, while a determination of the unit cell size and refractive index does not offer corresponding difficulties.

The purpose of the present investigation was therefore to investigate to what extent a determination of merely the unit cell dimension and the refractive index can be used to predict the composition of a garnet. For this purpose 17 analysed garnets were investigated (Table 1). For some of the garnets either the size of the unit cell or the refractive index had already been determined, and therefore only complementary determinations were necessary.

All determinations of the refractive index were made by means of the immersion method, as in no case the material was suitable for grinding prisms measurable by a goniometer. Two series of liquids were used, partly those described by MERVIN (1913) and partly those by WEST (1936).

Table 1

Observed and calculated refractive indices and unit cell sizes, and compositions of 17 garnets

	An	Gr	Al	Py	Sp	n obsd.	n calcd.	Diff.	a_0 obsd.	a_0 calcd.	Diff.
1.	0.68	92.48	4.31	2.27	0.26	1.753	1.739	+ 0.014	11.80	11.809	+ 0.009
2.	26.10	64.10	4.85	1.91	3.07	1.763	1.783	+ 0.020	11.87	11.865	— 0.005
3.	10.48	51.85	19.89	0.08	17.69	1.772	1.780	+ 0.008	11.72	11.736	+ 0.016
4.	—	28.68	52.37	4.58	14.37	1.788	1.791	+ 0.003	11.62	11.597	— 0.023
5.	0.65	9.73	14.35	2.23	13.06	1.801	1.797	— 0.004	11.59	11.602	+ 0.012
6.	—	0.73	33.82	—	65.45	1.808	1.808	0.000	11.55	11.552	+ 0.002
7.	0.15	10.60	73.62	11.01	4.61	1.808	1.806	— 0.002	11.50	11.539	+ 0.039
8.	—	6.95	75.65	15.18	2.22	1.810	1.803	— 0.007	11.52	11.509	— 0.011
9.	8.92	—	19.30	0.84	70.90	1.810	1.813	+ 0.003	11.61	11.606	— 0.004
10.	7.70	4.18	60.94	3.88	23.30	1.816	1.818	+ 0.002	11.55	11.564	+ 0.014
11.	5.55	—	16.70	1.85	75.90	1.816	1.808	— 0.008	11.61	11.591	— 0.019
12.	66.71	26.70	3.91	1.12	1.55	1.816	1.846	+ 0.030	11.88	11.953	+ 0.073
13.	—	13.09	58.37	2.59	25.95	1.829	1.806	— 0.023	11.51	11.564	+ 0.054
14.	68.53	18.85	7.64	1.41	3.57	1.839	1.855	+ 0.016	11.94	11.950	+ 0.010
15.	73.01	20.62	4.92	0.77	0.67	1.841	1.856	+ 0.015	11.96	11.963	+ 0.003
16.	76.90	12.07	4.18	0.33	6.52	1.856	1.866	+ 0.010	11.98	11.966	— 0.014
17.	—	13.98	62.88	4.66	18.47				11.55	11.555	+ 0.005

1—2. H. v. Eckermann, Geol. Fören. förh., vol. 45, p. 264, 1923; 1. from Mansjö, Sweden, 2. from Tennberg, Sweden. — 3. N. H. Magnusson, Geol. Survey of Sweden, Ser. Ca, No. 30, p. 67, 1940; from Basttjärn, Sweden. — 4. A. Hietanen, Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 130, p. 15, 1943; from Kalanti, Finland. — 5. A. Hietanen, Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 115, p. 387, 1936; from Simsiö, Finland. — 6. O. v. Knorring, Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 138, p. 77, 1946; from Kimito, Finland. — 7. T. du Rietz, Geol. Fören. förh., vol. 57, p. 190, 1935, from Muruhatten, Sweden. — 8. P. Eskola, Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 115, p. 484, 1936; from Isopää, Finland. — 9. N. Sundius, Geol. Survey of Sweden, Ser. C, No. 312, p. 313, 1936; from Hällefors, Sweden. — 10. H. v. Eckermann, Geol. Fören. förh. vol. 44, p. 264, 1922; from Mansjö, Sweden. — 11. S. Foslie, Geol. Survey of Norway, No. 174, p. 55, 1949; from Håfjellet, Norway. — 12. N. H. Magnusson, Fennia 50, No. 7, p. 5, 1928; from Lindbomsgruvan, Sweden. — 13. T. du Rietz, Geol. Survey of Sweden, Ser. C, No. 46, p. 6, 1944, from Laver, Sweden. — 14. N. H. Magnusson, Geol. Survey of Sweden, Ser. C, No. 431, p. 55, 1940; from Herräng, Sweden. — 15. S. Gavelin, Geol. Survey of Sweden, Ser. C, No. 521, p. 26, 1951; from Adak, Sweden. — 16. P. Geijer, Geol. Survey of Sweden, Ser. C, No. 275, p. 239, 1916; from Norberg, Sweden. — 17. H. v. Eckermann, Geol. Fören. förh., vol. 44, p. 264, 1922; from Mansjö, Sweden.

The observed refractive index is for Nos. 7 and 13 accurate within ± 0,001; for Nos. 9—11, 14 and 16 accurate within ± 0,002; for Nos. 12 and 15 accurate within ± 0,003 and for Nos. 1, 2, 4—6 and 8 the accuracy is not stated.

The observed unit cell size is for all analysis accurate within ± 0,01, except for No. 15 for which the probable error is not stated.

The size of the unit cell has in most cases been determined by a cylindrical powder camera. The determinations of some of the samples were made by means of a focussing powder camera. In all cases Cr radiation was used.

Table 1 gives a summary of 17 analysed garnets with the calculated compositions and with observed and calculated unit cell sizes and refractive indices. For the calculation of the refractive indices the values

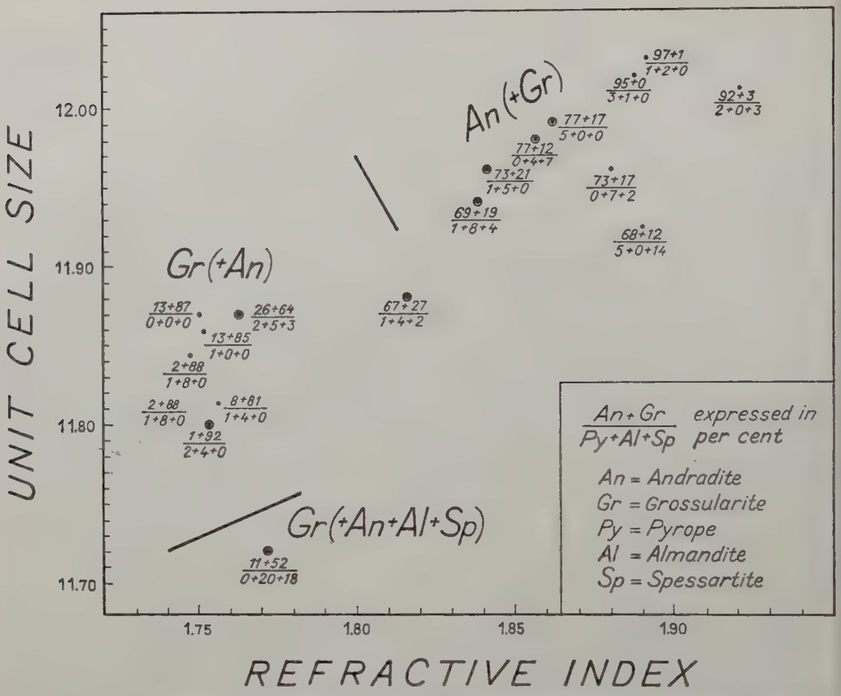


Fig. 1. Unit cell sizes and refractive indices of andradite-grossularite garnets. Each dot represents an analysis.

given by Ford were used: andradite 1.895, grossularite 1.735, almandite 1.830, pyrope 1.705 and spessartite 1.800. For the calculation of the unit cell dimensions the values given by Fleischer were employed: andradite 12.045, grossularite 11.84, almandite 11.495, pyrope 11.44 and spessartite 11.59. In the table the differences between the observed and calculated values for those two physical properties are given; + refers to a too high a calculated value and — to a too low a calculated value.

For 16 analysed garnets (the refractive index of analysis No. 18 could not be determined) the average difference between the observed and calculated value for the refractive index is 0.0098 and the algebraic sum is + 0.050. In 6 cases the difference is greater than 0.010 and for the remaining 10 analyses the average difference is 0.0047 and the algebraic sum is almost zero. Fleischer obtained for 57 analyses an average difference of 0.006, and if 7 analyses which have a difference greater than 0.010 are omitted, the average difference becomes 0.0035 and the algebraic sum of the difference is very nearly zero.

The average difference for the different garnet end-members are shown in Table 2.

Table 2

Dominant end-member	Average difference	Algebraic sum
Spessartite	0.004	— 0.009 (4 analyses)
Almandite	0.004	— 0.027 (5 »)
Grossularite	0.014	+ 0.001 (3 »)
Andradite	0.018	+ 0.007 (4 »)

From the foregoing it will be seen that the agreement between the observed and calculated values of the refractive indices is better for spessartite and almandite than for grossularite and andradite. The calculated values of the first-mentioned are too low, for the latter they are too high.

For 17 analyses the average difference between observed and calculated unit cell dimensions is 0.0184. If the analyses Nos. 12 and 13 are omitted, the average difference for the remaining 15 analyses is 0.0124. For the different garnet end-members the average differences are shown in Table 3.

Table 3

Dominant end-member	Average difference	Algebraic sum
Spessartite	0.009	— 0.009 (4 analyses)
Grossularite	0.010	+ 0.020 (3 »)
Almandite	0.024	+ 0.078 (6 »)
Andradite	0.025	+ 0.072 (4 »)

The table shows that the agreement between the observed and calculated unit cell sizes is better for spessartite and grossularite than for almandite and andradite. For all except spessartite the calculated values are greater than the observed.

The agreement between observed and calculated values of both refractive index and unit cell dimension must be considered as good. A comparison of the accuracy of the determinations of the physical properties and the differences between the observed and calculated values gives an idea of the suitability of the different physical variables in prediciting the composition of a garnet. The value given for a determination of the refractive index is accurate within ± 0.002 and the average difference is 0.004—0.006; for the unit cell dimension

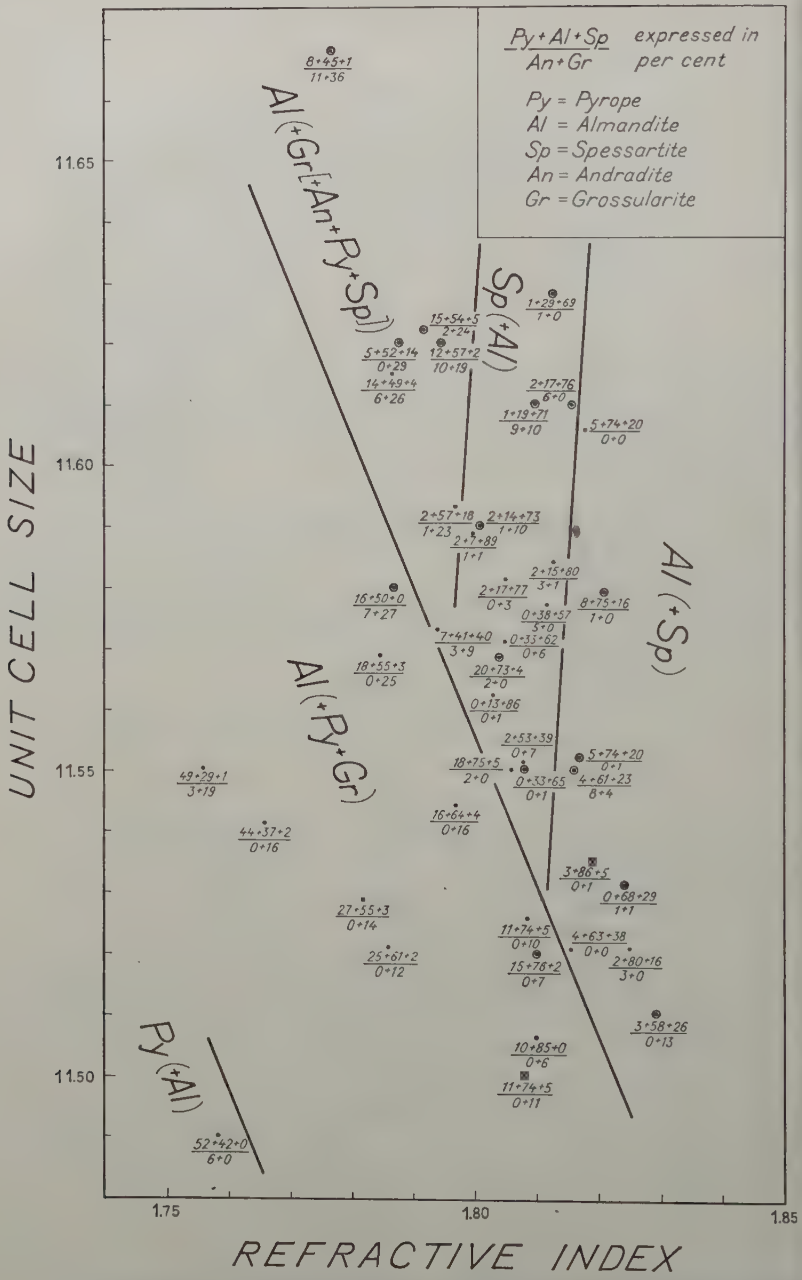


Fig. 2. Unit cell sizes and refractive indices of pyrope-almandite-spessartite garnets. Each dot represents an analysis.

the corresponding values are ± 0.01 and 0.012 and for the specific gravity ± 0.001 and 0.026. The values concerning the refractive index are taken from Fleischer's investigation and from the present paper. The values of the unit cell dimension are based on the present paper. The specific gravity values given by Fleischer have been used here. From the preceeding it seems that the specific gravity is least suited as a basis of characterization.

The investigation presented above shows that if the chemical composition of a garnet is known, it is possible with a high degree of accuracy to calculate its unit cell dimension and refractive index.

To visualize the relationships between the variations in refractive index and unit cell size on one side and the chemical composition of the garnet group on the other, two diagrams, in which the unit cell size was plotted against refractive index. were drawn. Fig. 1 comprises garnets which are dominated by andradite and grossularite end-members. Fig. 2 comprises garnets which are dominated by pyrope, almandite and spessartite end-members. The following analyses have been plotted in the figures: Nos. 1—16 from the present paper; Nos. 3, 4, 6—10. 13—18. 21, 22, 25, 26. 28 34. 38—40, 46—48, 50, 51 and 54—57 taken from Fleischer's Table 1; Nos. 1, 2, 7 and 18 taken from Fleischer's Table 2; one from PABST (1938) and PABST (1955) and one from SARAP (1957). Data, taking both composition, size of unit cell and refractive index into consideration, are available for all garnets taken from the present paper; for Nos. 13, 17, 21, 29, 40, 46, 50, and 51 in Fleischer's Table 1 and for the garnets described by Pabst and Sarap. These have been represented in the figures by a dot inside a circle. For the remaining garnets taken from Table 1 and 2 in Fleischer's paper a measurement of either the unit cell size or the refractive index is available. The value for the physical property for which no measurement has been made, has been calculated from the composition. The values thus obtained, are, on considering what has previously been said about the agreement between observed and calculated unit cell dimensions and refractice indices, to be considered as representative. In all 60 analysed garnets were plotted in the figures and 27 of the garnets have complete data.

Close to the dots in the figures the composition for each garnet is expressed in molar ratio per cent. Thus 58 + 12/5 + 0 + 14 in fig. 1 (An + Gr/Py + Al + Sp) implies that the garnet in question consists of 68 per cent andradite, 12 per cent grossularite, 5 per cent pyrope and 14 per cent spessartite.

In the figures it is possible to distinguish a number of fields in which garnets of more or less similar composition occur. Fig. 1 is separated in two larger fields: in the one andradite with a high content of grossularite occurs, in the other grossularite with a high content of andradite. In fig. 2 the following groups of garnet may be distinguished: pyrope with a high content of almandite, almandite with a high content of pyrope and grossularite, almandite with a high content of spessartite and spessartite with a high content of almandite. In the parts of the figures that border against the area of limited miscibility between andradite-grossularite garnets and pyrope-almandite-spessartite garnets, garnets occur that mainly consist of almandite and grossularite. In these, pyrope, spessartite or andradite are alternatively present as further essential end-members.

A striking feature in fig. 2 is that those garnets that are dominated by the spessartite end-member are concentrated within a limited area. The refractive index for those garnets varies between 1.80 and 1.82, the size of the unit cell is always greater than 11.54. In the lower part of the area »Sp(+ Al)» some garnets occur which consist of almandite with a high content of spessartite. However, garnets in which the spessartite end-member dominates never occur in the area »Al(+ Sp)». A garnet which lies within the area »Al(+ Sp)» is therefore always an almandite, but a garnet which lies within the area »Sp(+ Al)» is as a rule a spessartite, but may also be an almandite.

Needless to say, fig. 1 and 2 are not to be considered determinative diagrams in the sense that the proportions of all the different end-members may be read directly. Even now the recorded material gives a possibility of characterization accurate enough to be applied to many petrogenetical problems. A successive completion with further values makes it possible to make the estimations with a higher degree of accuracy.

Acknowledgements

The writer wishes to acknowledge his indebtedness to Professor S. Gavelin, University of Stockholm for his valuable suggestions and help during the course of this investigation.

List of References

Fleischer, M., 1937: The relation between chemical composition and physical properties in the garnet group. Am. Mineral., vol. 22, pp. 751—759.

Ford, W. E., 1915: A study of the relation existing between the chemical, optical and other physical properties of the member of the garnet group. Am. Jour. Sci., 4th ser., vol. XL, pp. 33—49.

Heritsch, F., 1926: Studien über den Chemismus der Granaten. Neues Jahrb. Mineral. Geol., vol. 55A, pp. 60—91.

Levin, S. B., 1949: The physical analysis of polycomponent garnet. Presented, 29th Annual Meeting, Mineral. Soc. Amer., New York, Am. Mineral., vol. 34, p. 279.

MERWIN, H. E., 1913: Media of high refractions. Wash. Acad. Sci. Journ., vol. 3, pp. 35—40.
PABST, A., 1938: Garnets from vesicles in rhyolite near Ely, Nevada. Am. Mineral., vol. 23, pp. 101—103.
— 1955: Manganese content of garnets from Franciscan Schists. Am. Mineral., vol. 40, pp. 919—923.
v. PHILIPSBORN, H., 1928: Beziehungen zwischen Lichtbrechung, Dichte und chemischer Zusammensetzung in der Granatgruppe. Sächs Akad. Wiss., Mat.-Phys. Klasse.
SARAP, H., 1957. Studier över skarnmineralen i Åsgruvan inom Norbergs järnmalmsfält. Geol. fören:s i Stockholm förh., 79.
STOCKWELL, C. H., 1927: An X-ray study of the garnet group. Am. Mineral., vol. 12, pp. 327—344.
WEST, C. D., 1936: Immersion liquids of high refractive index. Am. Mineral., vol. 21, pp. 245—249.
WINCHELL, A. N., 1927: Optical mineralogy, part II, 2nd ed., pp. 257—266.
WRIGHT, W. I., 1938: The composition and occurrence of garnets. Am. Mineral., vol. 23, pp. 436—445.

The Clay Minerals in the Ordovician Bentonite Beds in Billingen, Southwest Sweden

By

ANN MARIE BYSTRÖM

Abstract: A preliminary investigation has been made of the bentonite beds in Billingen, Vestergötland, Sweden. The clay consists of a complex mixed layer mineral; the layers are mostly illitic and are mixed with probably chloritic and partly dehydrated montmorillonite layers. This clay mineral differs from the types found in the corresponding beds at Kinnekulle, 30 km, NW of Billingen, but is similar to the clay mineral found in the K-bentonites of Pennsylvania. Chlorite is present in varying amounts.

Ordovician bentonite beds in the strata at Kinnekulle, southwest Sweden, have been reported earlier and described by THORSLUND (1948), and BYSTRÖM (1954). It has also been known that bentonite beds occur in other parts of the same region and borings have been made at some places. Recently, a boring was especially undertaken to locate and investigate the bentonite beds in Billingen, 30 km, SE of Kinnekulle[1].

The core was extremely well preserved, even in the parts where the bentonite beds had been met. A diagram, obtained from a quick survey of the core, is given in fig. 1, together with the diagram of the strata at Kinnekulle (compiled from THORSLUND, 1948). The sequence of layers in the two sections shows that the bentonite beds can most certainly be dated to the same period of volcanic activity.

The material in the bentonite beds is very typical. It is soft and grey with a soapy feeling, and breaks up to a powder when placed in water. The swelling property is not very pronounced. The core is very hard to split lengthwise, but easy when cut across, indicating the parallel direction of the layers. Some parts of the beds show cracks and crumbled material, which occur preferentially in contact with concretions of pyrite. Pyrite is common throughout the beds.

An idea of the distribution of non-clay crystalline material can be obtained by observing the biotite grains. These are not discernable in the upper third of the core, which is also more dense than the under-

---

[1] The Skövde Gasbetong Company performed the boring during the summer of 1956. The bore hole was placed at Rosenlund, 8 km W of Skövde, at 208 m above sea level. I had the opportunity to survey the core and to take samples, thanks to the Director of the company, Civil Eng. P. O. Grane.

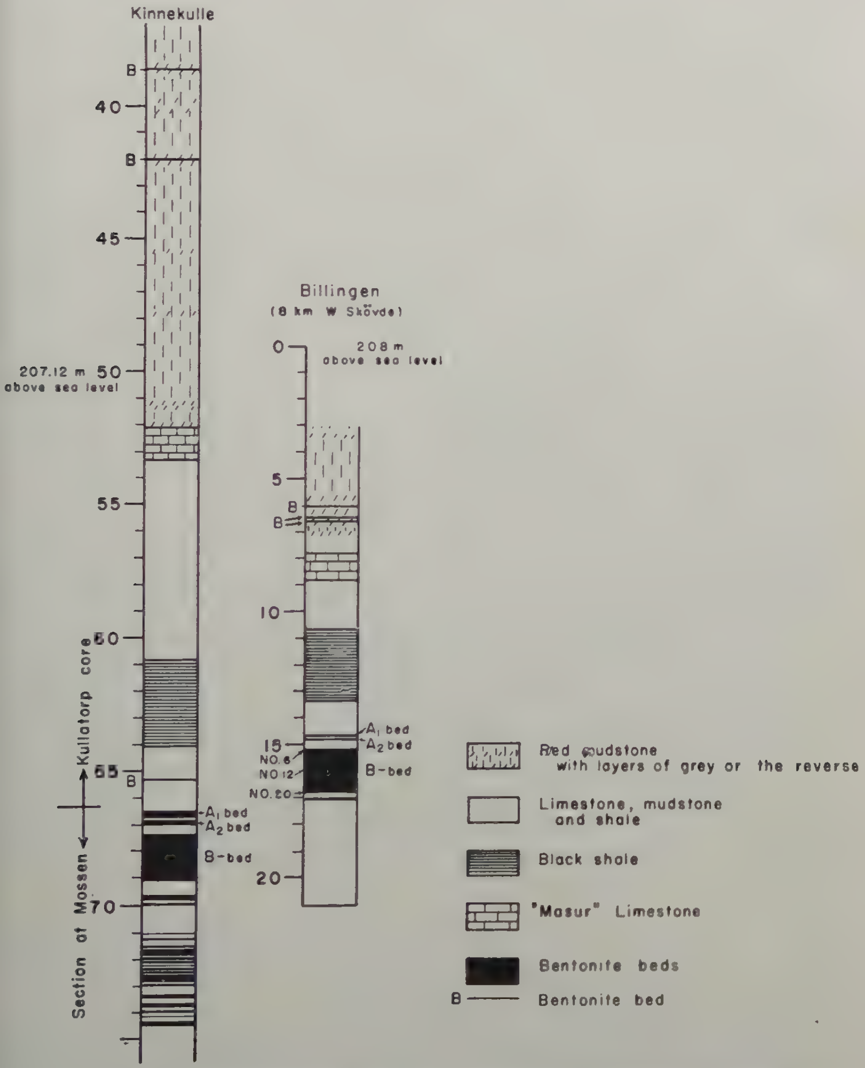


Fig. 1. Diagram of Rosenlund core, Billingen, as compared with section through Kinnekulle, 30 km, NW.

lying parts. Large biotite grains become more frequent downwards, but the distribution is irregular.

A first tentative research of the bentonite material has been made. X-ray diagrams were taken of samples from the two upper thin beds, respectively, and from three different levels of the thick bed. With allowance for minor variations, the diagrams are very much alike but are different from those given by either type of Kinnekulle material. The main part of the clay material seems to consist of a complex mixed layer mineral chiefly with illitic layers. It strongly resembles the clay mineral in the K-bentonites of Pennsylvania described by Weaver (1953).

In Table I, X-ray data are given for reflections belonging to the mixed layer mineral phase. The sample was taken from the bottom of the bed but the diagram may be considered as representative for the whole material. Besides the diffuse and broad reflections that have been listed in the table, there is a series of reflections from a chlorite which are extremely sharp and can be well distinguished from the set of diffuse lines. There is always a more or less pronounced halo of blackening near the primary spot, indicating poor crystallinity of the material and also possible existence of some short range order in the layer sequence. Especially in the glycerol-treated sample, the blackening is extended and seems to finish with a stronger blackening near 18 Å. In the other diagrams the blackening fades out gradually from about 24—30 Å.

The reflection at 10.8 Å indicates a hydrous mica mineral. The heat treatment, however, does not retract this line to 10 Å, which shows that not only water layers are present in this phase, but other layers as well, possibly of chlorite type. The treatment with glycerol shows a swelling of complex nature with a very strong reflection at 11.8 Å and a less strong one at 9.7 Å. This indicates that the layer population is of more than two kinds, resulting in different layer distances with complex interference effects. The splitting of the 5 Å line in the material heated to 550° C is another indication of the complex composition of the material.

Besides the mixed layer mineral, chlorite is present in varying amounts. In the A_1 and A_2 beds, the reflections from this phase are scarcely visible. In the top part of the thick bed, chlorite is present in considerable amounts and the reflection at 1.54 Å comes out medium strong. In the middle and lower part, chlorite is present in subordinate amount and has been identified in the oriented samples only. A few of the strong reflections from quartz and feldspar are generally present.

The K_2O content determined on the $< 2\mu$ fraction of sample No 20 is 7.75 % on a 110° C dry basis.

It is now possible to compare the clay minerals from the Ordovician bentonite beds in different regions of a large area of south Scandinavia. At Kinnekulle, the chief clay mineral in the main bed is closely related to montmorillonite, has a relatively low potassium content and a considerable part of swelling layers. The clay mineral in the thin beds

Table I. X-ray data for diffuse series of reflections from sample No 20, thick bentonite bed, Billingen, Sweden; oriented specimen

glycerol-treated		dried at 110° C		heated to 400° C		heated to 550° C	
I	d	I	d	I	d	I	d
vst	11.8	vst	10.8	vst	10.4	m	10.5
st	9.7					st	5.22
m	5.01	m	5.01	st	4.9	st	4.87
st	4.79						
vst	3.36	vst	3.26	vst	3.26	vst	3.28
m	3.18						
m	2.50	m	2.49	m	2.46	st	2.49
st	1.98	st	1.99	st	1.98	st	2.00

The specimens were exposed in a Philips powder camera, 114.7 mm diameter, especially adapted for oriented specimens.

vst — very strong, st — strong, m — medium; the reflexions are all broad and not sharp.

has a higher potassium content and fewer swelling layers. At Billingen, 30 km, SE of Kinnekulle, we find the clay mineral described in this paper. It has shifted to the illite side but still has a certain number of swelling layers, and probably also chlorite layers. In addition, the bed has a chlorite phase in some parts. The K_2O content is high. In the extreme southern part of Sweden (Skåne), the bentonites are similar to those found in Billingen and show the same type of complex X-ray diagram.[1] The K_2O content is 6 –8 %, similar to that at Billingen. On the island of Bornholm, further south, the clay mineral has been identified as illite (GRY, 1948). In the Oslo region, 300 km, W of Kinnekulle, the X-ray diagrams of bentonite samples show a distinct non-swelling 10 Å illite mineral and a well defined chlorite phase (HAGEMANN and SPJELDNÆS, 1955).

One of the reactions which seems to have occurred in these bentonite beds is a formation of muscovite layers where potassium has been available. The magnesium set free has formed chlorite layers with the remaining montmorillonite. The complex appearance of the bentonites is due to intermediate stages in these reactions, which seem to be favoured by increasing temperature. The Oslo region, where definite phases are found, has been subjected to strong orogenic processes, whereas at Kinnekulle, where the major part of the bentonite is montmorillonitic, the strata contain un-pyrolysed shale beds.

Recent researches by hydrothermal syntheses in the system $MgO\text{-}Al_2O_3\text{-}SiO_2\text{-}H_2O$ support this (ROY and ROY, 1955). It has been shown that the stability region of montmorillonite is diminished with increasing temperature, and a chlorite is formed.

---

[1] Under investigation.

Grateful acknowledgement is expressed to the Natural Science Research Council of Sweden for a grant by which an X-ray camera was rebuilt for clay studies.

References

Byström, A. M., 1954: Mineralogy of the Ordovician bentonites at Kinnekulle, Sweden. Sv. Geol. Unders. Årsbok *48*, Ser. C, No. 540.

Gry, H., 1948: Bentoniten i Bornholms ordovicium. Medd. Dansk Geol. Foren., *11*, 364.

Hagemann, F., and Spjeldnæs, N., 1955: The middle Ordovician of the Oslo region, Norway. Norsk Geol. Tidskr. *35*, 29.

Roy, D. M., and Roy, R., 1955: Synthesis and stability of minerals in the system $MgO\text{-}Al_2O_3\text{-}SiO_2H_2O$. Am. Miner. *40*, 147.

Thorslund, P., 1948: The Chasmops series of the Kullatorp core, in Wærn, B., Thorslund, P., and Henningsmoen, G., Deep boring through Ordovician and Silurian strata at Kinnekulle, Vestergötland. Bull. Geol. Inst., Upsala, *32*, 343.

Weaver, C. E., 1953: Mineralogy and petrology of some Ordovician K-bentonites and related limestones. Geol. Soc. America, Bull. *64*, 921.

MEDDELANDE

från

SVENSKA FÖRENINGEN FÖR LERFORSKNING

(Reports of Swedish Clay Research)

Nr 7

Februari 1957

INNEHÅLL

R. C. Mackenzie, Hydration and hydroxylation with special reference to montmorillonite 58
Höstmötet 1956 60

Autoreferat av föredrag vid höstmötet 1956:

U. Soveri, Om finska kvartära lerors mineralproblematik 62
T. Hagerman, Om apparatfrågan vid automatisk granulometrisk analys 66
Å. Bengtsson, Automatisk räkning av antal partiklar och partikelstorlek 69
K.-I. Skärblom, Ringspaltsikt för bestämning av kornstorleksfördelning 78
Å. Hörnsten, En apparatur med halvautomatisk registrering för mineralogisk granulometrisk-analys i mikroskop 86
R. Rynninger, Mode of occurrence of uranium in black shales. Preliminary investigations 88

Diskussioner:

I. Th. Rosenqvist, Om bevätningsvärme hos ler och humus 90
Sv. Odén, Genmäle till prof. I. Th. Rosenqvist angående bevätningsvärme hos ler och humus 91

Föreningens ändamål är att främja intresset för vetenskaplig utforskning av lerornas egenskaper och att sammanföra för detta syfte intresserade personer till föredrag och diskussioner angående gemensamma problem.

Inträde i föreningen kan vinnas av varje svensk person, som sysslar med lerforskning. Anmälan om inträde kan göras till någon av styrelsens medlemmar. Styrelsen må även efter därom gjord anhållan bevilja medlemskap åt utländsk forskare, som arbetar i överensstämmelse med föreningens syfte.

Medlemsavgiften är kr 5: — per år och kan inbetalas på postgiro 39 02 17, Svenska Föreningen för Lerforskning, Tekniska Högskolan, Stockholm 70.

Till sekreteraren kan lämnas uppgifter om namn- och adressförändringar.

Styrelsen har följande sammansättning:

Ordförande: Lab.ch. Christer Enberg, Tegellab., IVA:s Försöksstation, Drottn. Kristinas väg 45, Stockholm Ö.

Sekreterare: Agr. Erik Lotse, Inst. f. marklära, Lantbrukshögskolan, Uppsala 7.

Kassaförvaltare: Tekn. lic. Sten Tore Lundin, Inst. f. teknisk oorg. kemi, Tekniska Högskolan, Stockholm 70.

Övriga ledamöter: Civiling. Åke Grudemo, Cement- och Betonginst., Stockholm 70, civiling. Sten Odenstad, Statens geotekniska institut, Stockholm Ö, samt som suppleant fil. kand. Sven Fredén, Statens väginstitut, Stockholm Ö.

Hydration and hydroxylation with special reference to montmorillonite

(Summary of a lecture given at Uppsala University in November 1955)

By

Robert C. Mackenzie

The Macaulay Institute for Soil Research, Craigiebuckler, Aberdeen.

Most data upon hydration and hydroxylation are admittedly derived from studies on dehydration and dehydroxylation, but it is always valuable to consider each problem from all conceivable angles, as only in this way can the correct solution be found. As the dehydration process, and consequently the mechanism of hydration, of vermiculite has recently been elucidated in a most complete and elegant manner by Walker (1956), only montmorillonite will be considered in this brief review.

Hydration.

The hexagonal-net theory of Hendricks and Jefferson (1938) has received most attention. Nevertheless, it is open to many objections when applied to montmorillonite; for example, no account is taken of the high population density of interlayer ions which in random distribution would undoubtedly disrupt the net and, even if sitting in 'holes', would distort it. The density of such an arrangement is also less than 1 and thus not entirely in accord with measurements of the density of sorbed water.

A later theory, namely that of Macey (1942), attributed to sorbed water the structure of one of the ice modifications, this structure becoming less rigid with distance from the surface. However, in this theory again, interlayer ions are neglected.

The theory of Mackenzie (1950) that the first water molecules to be sorbed — and the last water molecules to be desorbed — are close packed in discrete shells around the ions avoids some of the pitfalls of those just mentioned. The approximate hydration energies calculated for ions in such a system[1] can be related to peak temperatures on differential thermal curves for montmorillonite saturated with the same ions. Li^+ was the only exception, but this result might perhaps be explicable on the basis of the data of Löwdin and Forslind (see Mackenzie 1952).

Another explanation based on carefully-determined dehydration isobars has been offered by Greene-Kelly (1953). Here differences in the mobility of water molecules and diffusion effects are considered, and the two peaks observed on differential thermal curves in certain instances are believed to be essentially artifacts caused by the rapid rate of heating. This, however, is merely another method of stating the problem and is no solution.

The application of wave mechanical theory to the problem in a general way by Forslind (1950) has given interesting results, but seems rather premature in view of the many uncertainties.

The present status of our knowledge is therefore anything but satisfactory: there are insufficient data for any theory to be accepted outright, but if one can argue by analogy from the mechanism for vermiculite, ionic hydration may play an important part. It is possible that the techniques used by Walker (1956) for vermiculite may eventually help to solve the montmorillonite problem as well.

Hydroxylation.

It is now well-known that clays after heating above their dehydroxylation temperature are capable of undergoing rehydroxylation (Davidson, 1947; Grim and Bradley, 1948; Hill, 1953). The most impressive way of illustrating this is by recording the exothermic peak on the differential thermal curve of a dehydroxylated montmorillonite cooled in steam (Jonas and Grim, 1956). The reformed montmorillonite is, however, not identical with the original, since the 700° C peak is replaced by one at about 550° C. Jonas and Grim (1956) have proposed a mechanism for these changes involving essentially a change in the positions of the octahedral Al^{3+} with respect to the surrounding O^{2-}

---

[1] The Bernal and Fowler (1933) equation was used for calculation, namely:

$$\text{Hydration energy} = U_h = \frac{K-1}{2K}\frac{z^2e^2}{R_z} + np_zP - u_w,$$

where K is the dielectric constant, ze the charge on the ion, R_z the radius of a sphere beyond which molecules are in normal configuration, n the number of H_2O molecules in the hydration shell ($n = 6$ for first shell of divalent ions, and $n = 4$ for first shell of monovalent ions), p_z the ratio $P_{\text{eff}}/P \approx 1$, P the potential energy between the ion and one H_2O molecule in its shell, P_{eff} the true potential energy allowing for van der Waals forces, u_w the energy of disorientation of the water molecules $= 31$ k-cal/g-ion. In this application of the formula the first term was omitted since the ion was considered to be surrounded by a single shell and not by an infinite dielectric.

and OH^- in the rehydroxylated form. The natural occurrence of such structures may well explain the abnormal montmorillonites found in nature (Cole, 1955).

The shift in peak temperature on saturation and fixation of K^+ on montmorillonite (Mackenzie 1956) is also a hydroxylation problem, since the binding energy of the hydroxyl ions must be affected in some way. Similarly, the almost unique peak temperature for Old Red Sandstone illite (Mackenzie, 1956), and the frequent, but not invariable, formation of some boehmite on the dehydroxylation of gibbsite are equally hydroxylation problems. All of these, however, still await solution.

References

Bernal, J. D., and Fowler, R. H., 1933: A theory of water and ionic solution, with particular reference to hydrogen and hydroxyl ions. J. chem. Phys. 1, 515—548.

Cole, W. F., 1955: Interpretation of differential thermal curves of mixed-layer minerals of illite and montmorillonite. Nature, Lond., 175, 384—385.

Davidson, R. C., 1947: Cracking sulfur stocks with natural catalyst. Petrol. Refin., 26, 663—672.

Forslind, E., 1950: Some remarks upon the exchangeable ions and the adsorbed water layers in montmorillonite. Trans. IV Int. Congr. Soil Sci., Amsterdam, 1, 110—113.

Greene-Kelly, R., 1953: Interpretation of d.t.a. diagrams: the low-temperature endothermic peak. Clay. Min. Bull., 2, 79—85.

Grim, R. E., and Bradley, W. F., 1948: Rehydration and dehydration of clay minerals. Amer. Min., 33, 50—59.

Hendricks, S. B., and Jefferson, M. E., 1938: Structures of kaolin and talc-pyrophyllite hydrates and their bearing on water sorption of clays. Amer. Min., 23, 863—875.

Hill, R. D., 1953: Rehydration of fired clay and associated minerals. Trans. Brit. Ceram. Soc., 52, 589—613.

Jonas, E. C., and Grim, R. E., 1956: Differential thermal analysis using controlled atmosphere. Chapter XV of »The Differential Thermal Investigation of Clays». Mineralogical Society, London. In press.

Macey, H. H., 1942. Clay-water relationships and the internal mechanism of drying. Trans. Brit. Ceram. Soc., 41, 73—121.

Mackenzie, R. C., 1950. Some notes on the hydration of montmorillonite. Clay Min. Bull, 1, 115—119.

— 1952: Discussion on Irreversible dehydration in montmorillonite. Clay Min. Bull., 1, 226—227.

— 1956: Potassium in clay minerals. Symposium, International Potassium Institute, Rome, 1955, in press.

Walker, G. F., 1956: The vermiculite minerals. Chapter VII of »The Differential Thermal Investigation of Clays». Mineralogical Society, London. In press.

Höstmötet 1956

Svenska föreningens för lerforskning höstmöte 1956 hölls den 20 november i IVA:s lokaler i Stockholm.

Laborator K. I. Skärblom föredrog revisionsberättelsen för verksamhetsåret 1955—56 och styrelsen beviljades på förslag av revisorerna full ansvarsfrihet. Styrelsen fick den sammansättning som meddelats

på första sidan. Till revisorer omvaldes laborator K. I. Skärblom och statsgeolog E. Mohrén med lektor L. Silfverberg som suppleant.

Fil. dr U. Soveri höll ett med ljusbilder illustrerat föredrag om »Finska kvartära lerors mineralproblematik». I den efterföljande diskussionen yttrade sig hrr Lotse, Eklund, Collini, Dahlman samt föredragshållaren. Ett autoreferat av föredraget samt hr Collinis diskussionsinlägg följer nedan.

Laborator F. Nydahl, avd. för analytisk kemi vid Uppsala universitets kemiska institution, höll sedan ett föredrag om »Några moderna kemiska separations- och bestämningsmetoder tillämpade på bergartsanalys». I diskussionen yttrade sig hrr Assarsson, Dahlman och föredragshållaren. Några av de i föredraget behandlade analysmetoderna komma att publiceras i annat sammanhang.

Vid den gemensamma lunchen på Tattersall framförde ordföranden föreningens tack till de avgående styrelseledamöterna fil. lic. A. M. Byström, laborator B. Collini och avdelningschef F. Rengmark. En telegrafisk hälsning avsändes till avgående sekreteraren fru Ann Marie Byström. Fil. dr T. Hagerman framförde föreningens tack till avgående ordf., civiling. Åke Grudemo.

På eftermiddagen höll fil. dr T. Hagerman ett föredrag över ämnet »Om apparatfrågan vid automatisk granulometrisk analys». I anslutning till dr Hagermans föredrag talade civiling. Å. Bengtsson om »Automatisk räkning av antal partiklar och partikelstorlek». Laborator K.-I. Skärblom talade om »Ringspaltsikt för bestämning av kornstorleksfördelning» och visade en färgfilmsupptagning av försök utförda med ringspaltsikten. Fil. kand. Å. Hörnsten redogjorde för »En apparatur med halvautomatisk registrering för mineralogisk-granulometrisk analys i mikroskop». I diskussionen efter hrr Hagermans, Bengtssons, Skärbloms och Hörnstens föredrag yttrade sig hrr Åberg, Collini, Mellis och föredragshållarna. Referat av föredragen återgivas nedan.

Dr Hagerman föreslog att en fond skulle bildas för bestridande av kostnaderna för konstruktion av apparatur för automatisk granulometrisk analys. Efter diskussion beslöt föreningen att åtaga sig förvaltningen av den föreslagna fonden och en arbetsgrupp för granulometri tillsattes. Till ordförande i arbetsgruppen valdes dr Hagerman.

Civiling. R. Rynninger höll föredrag om »Några preliminära resultat av experiment över urans förekomstsätt i skiffrar». I diskussionen yttrade sig hrr Dahlman, Eklund, Landergren, Assarsson, Hagerman samt föredragshållaren. En sammanfattning av föredraget återgives nedan på engelska. Ett 60-tal medlemmar hade samlats till höstmötet.

Om finska kvartära lerors mineralproblematik.[1]

Av

U. Soveri[2]

Abstract: The mineralogical composition of Finnish Pleistocene sediments is discussed and the rôle of geological factors is denoted.

Kvartära lerors mineralsammansättning beror på flera varierande geologiska faktorer. De viktigaste faktorerna måste vara:

1) berggrundens mineralsammansättning
2) de pre- och interglaciala jordlagrens tjocklek och beskaffenhet
3) den glaciala erosionens intensitet (dvs. i vilka mängdförhållanden det mera omvandlade preglaciala materialet blev blandat med bergartspulver under den glaciala erosionen.)
4) sedimenteringsmiljön som kan delas i:
    a) vattnets elektrolythalt och temperatur i sedimentationsbassängen
    b) sedimentationsbassängens storlek (djup) och
    c) antal sedimentationsomgångar under den sen- och postglaciala utvecklingen av sedimentationsbassängen
5) yttre möjligheter för eventuell omkristallisation i det färdiga sedimentlagret.

Dessutom måste man fästa uppmärksamhet vid postglaciala mineralomvandlingsprocesser (dvs. vittringsprocesser) i det färdiga sedimentet, t. ex. vid torrskorpebildning och långsamma urlakande och jonutbytande vattenströmningar.

För att få en allmän uppfattning om de olika faktorernas betydelse för våra sediments sammansättning är det nödvändigt att med hjälp av omfattande materialundersökningar belysa variationernas storlek i mineralsammansättningen och jämföra resultaten med de undersökta arealernas och lerförekomsternas geologi. En dylik undersökning av 105 st. finska kvartära lersediment (Soveri, 1956) har väckt upp flera såväl geologiska som mineralogiska problem inom finsk lerforskning.

Det visade sig, att leror med en lerhalt av 50—60 % innehålla ca. 15 % kvarts, och att kvartshalten ej tycks ha någon som helst tendens till regionala variationer, då däremot fältspathalten i samma leror var ca. 10 % i kusttraktens djupvattenleror och ca. 15 % i inlandets lågvattenleror. Mjälafraktionens kvartshalt var ungefär 24 % och fältspathalt ca. 21 %, och lerfraktionens motsvarande siffror var i storleksordning ungefär en tredjedel av nämnda procenttal.

---

[1] Autoreferat av föredrag i Svenska föreningen för lerforskning 20. 11. 1956.

[2] Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, Helsinki, Finland.

Dahl (1954) har konstaterat att vissa vittrade norska bergarter innehålla isynnerhet i grövre fraktioner ett mineral, som i röntgendiffraktionsanalys ger en reflektion vid ca. 8,5 Å, och att man i ASTM-kartoteket hittar enbart amfibolmineralen aktinolit och ossianit, som kunde ge den nämnda reflektionen. Han betecknar därför tillsvidare mineralet som okänt. I finska leror observerades ett liknande mineral, men eftersom man konstaterade, att mineralet var kornigt och ej fjälligt, och då det också framgick, att halten ökade med stigande kornstorlek, samt att upphettning till 550° C ej inverkade på reflektionsintensiteten, vågade man kalla mineralet i fråga amfibol. Det kom mycket tydligt fram, att kustområdenas både djup- och lågvattenleror innehöll mindre av detta mineral än inlandslerorna. Amfibolernas omvandlingsprocess och sedimenteringsmiljöns betydelse i detta sammanhang väntar på sin lösning.

Om man slammar finska kvartära leror i olika kornstorleksfraktioner och undersöker fraktionerna med röntgendiffraktometer genom att använda orienterade preparat, konstaterar man lätt, att (001)-glimmerreflektionen som väntat är tydlig och stark i alla fraktioner och bredare i < 1 μ-fraktionen än i mjälafraktioner, men (002)-reflektionen är ytterst svag eller ofta helt fattas. Man är van att i en svag (002)- och en stark (001)-reflektion se ett tecken på att glimmermineralen ifråga hellre tillhör den trioktaedriska biotittypen än den dioktaedriska muskovittypen, dvs. den normala illittypen. Tyvärr kan man på grund av andra störande mineral icke upptäcka (060) reflektionen som kanske kunde belysa saken. DTA:er av samma fraktioner visar, att den såkallade lermineraleffekten vid 400—600° C blir svagare med växande partikelstorlek, och att själva effekten liknar den man är van att se vid illitanalysen men ofta är skarpare och når sitt maximum vid något lägre temperatur (dvs. vid ca. 535° C) än den normala illiteffekten. Dessutom kan man ej påträffa någon tydlig endoterm effekt vid 800—850° C, som är karakteristisk för normala illiter och muskovitderivat, men ej förekommer vid DTA:er av vittrad biotit (Soveri, 1950, s. 49). Såvitt bekant har ingen hittills publicerat DTA-kurvor av trioktaedriska illiter, så vi kan ej riktigt tolka DTA-kurvorna på denna punkt. DTA:er har också visat, att »illitmodifikationen» i mjälafraktionen av finska leror ligger ganska nära vanlig glimmer som tycks likna biotit, om man nu ej rättare kan kalla den glimmer. Det förefaller märkvärdigt, att man skulle ha rikligt med trioktaedriska illiter i finska leror, även om det faktiskt synes förhålla sig så. Det vore värt att försöka få någon klarhet i denna fråga genom bättre analysteknik och genom allmängeologisk forskning.

Södra och sydvästra Finlands djupvattenleror tycks innehålla mera illit än mellersta och östra Finlands lågvattenleror även om man eliminerar betydelsen av kornstorleksvariationerna. Det tyder på att en längre sedimentationstid kan ha sin betydelse för glimmeromvandlingen till illitstadiet.

Det har varit ett mycket svårt lermineraldiagnostiskt problem att avgöra om Finlands kvartära leror innehåller montmorillonoider, kloriter, vermikulit och kaolinmineral, då de nämnda mineralen stör varandra såväl i röntgendiffraktionsanalyser som i DTA. Beträffande montmorillonoider är saken kanske enklast, men långt ifrån alldeles klar. Finska lerors grövre fraktioner visa ingen gitterexpansion i röntgenanalys efter etylenglykolbehandling, men den finaste fraktionen med partikeldiameter $< 1\ \mu$ visar en svag tendens till fri gitterexpansion, dvs. att 14 Å-reflektionen blir bredare och diffusare mot små vinklar utan att dock helt eller delvis övergå till 17 Å. Upphettning till 200° C förorsakar en väsentlig minskning i 14,5 Å-reflektionens intensitet, vilket stämmer med montmorillonoiderna men ej riktigt med vermikulit. Den nämnda minskningen i 14,5 Å-reflektionens intensitet kan man dock iakttaga ej enbart vid finfraktionernas analys utan i nästan samma procentuella mängd även vid analysering av grova (mjäla-) fraktioner som ej ge någon som helst etylenglykoleffekt. Vi har alltså problemet: vilket är det kanske mest betydelsefulla mineralet i kvartära leror. Tillhör det vermikulittypen eller den expansiva montmorillonoidtypen? Den är sannolikt ett vermikulittypiskt mineral, som i sin finaste partikelfraktion har expansiva egenskaper på grund av intensiv urlakning. Den relativt låga jonutbyteskapaciteten tyder på samma sak. Men hurudan är och varifrån härstammar då den tämligen välkristallina vermikulitmodifikation som äger montmorillonoidernas dehydrationsegenskaper, men vermikulitens icke fritt expansiva gitter? Stephen (1952) och Walker (1949) har visserligen förklarat, att biotitomvandlingen kan resultera i vermikulit i vissa jordarter, men det synes svårt att förstå, att vermikuliten ifråga förekommer i sådana grova fraktioner där glimmermineralen är nästan oomvandlade. Mineralet ifråga kan kanske härstamma från pre- eller interglaciala formationer, ty samma mineral har påträffats i talrika preglaciala vittringslager i norra Finland. Om denna åsikt vore riktig, kunde man kanske betrakta halten av detta mineral som en indikator på den glaciala erosionens avnötande kraft, när man gör större jämförande regionala undersökningar.

Ett intressant faktum är, att nästan alla undersökta finska kvartära leror innehålla fri klorit, och att kloriten också är en mycket allmän komponent i blandskiktmineralen. I grövre fraktioner är kloriten välkristalliserad och påminner om de metamorfa bergarternas klorit genom att vattenavspaltningen sker i en temperatur högre än 550° C. Både DTA:er och röntgendiffraktionsanalyser av upphettade preparat bestyrka detsamma. Analyserna av de finaste fraktionerna däremot visa en tydlig tendens till lägre kristallinitet hos kloriten, eller att kloritmodifikationen i nämnda fraktioner har lermineralkaraktär. Den motsvarar en modifikation som Grim och Johns (1954) identifierar genom att vattenavspaltningen från kloritens brucitlager sker redan mellan 450 och 550° C. Lerklorithalten har liksom illithalten visat sig vara högre i kustområdets djupvattenformationer än i inlandets lågvattenleror. Kloritens omvandling till lermineralstadiet tycks alltså bero på urlakningsintensiteten men troligen också på sedimentationsmiljön.

Blandskiktmineral som kan identifieras genom röntgenreflektioner mellan 10,5 och 14,5 Å påträffades i alla undersökta finska kvartära leror och i alla kornstorleksfraktioner av dessa leror. Reflektionen har visat sig vara starkast vid 12,3 Å och blandskiktskomponenter är glimmer eller illit, vermikulit, lervermikulit och lerklorit samt vanlig »metamorf klorit» liknande klorittyp. Alltså samma lermineraltyper som man har påträffat som självständiga mineral i samma leror. Blandskiktmineralens komponenter har visat sig vara mindre omvandlade till lermineralstadiet i grova kornstorleksfraktioner än i fina fraktioner. Varifrån de kvartära lerornas blandskiktmineral härstammar och hur de bildas, är en tillsvidare olöst fråga. Man kan bara nämna, att en röntgendiffraktionsanalys av vissa granitbergarters glimmermineral visar, att våra bergarter innehålla betydligt mera blandskiktmineral än vad man har kunnat ana i förväg. Denna fråga om blandskiktmineral kan säkert belysas med mineralogiska analyser av preglaciala vittringslager och analyser av moräner samt med närmare undersökningar av våra bergarters glimmermineral. Kaolingruppens mineral tycks ej förekomma i nämnvärda mängder i finska leror. Karbonat har påträffats endast i Ålandsleror.

Det har alltså visat sig, att variationerna i de finska kvartära lerornas mineralsammansättning är mycket små om man betraktar bara mineralgrupperna, men om man tar hänsyn till mineralmodifikationerna och till mängdförhållandena av olika modifikationer, så är förhållandet ett annat. Man har t. ex. konstaterat, att lerorna på glimmerskifferområden i Karelen i vissa kornstorleksfraktioner innehåller mycket mera glimmer- och illitmineral än lerorna på granitområden. Dessutom har man konstaterat, att djupvattenslerorna vid kustområden, som ofta har genomgått en dubbel sedimentering, innehåller längre omvandlade lermineralmodifikationer än lågvattenlerorna i mellersta Finland.

Litteratur

Dahl, E., 1954: Nytt Magasin for Botanikk, 3.
Grim, R. E. and Johns, Wm. D., 1954: National Research Council, Publication 327, p. 81.
Soveri, U., 1956: Ann. Acad. Sci. Fennicae, Ser. A. III, 48.
Stephen, I., 1952: J. of Soil Science, 3, p. 219.
Walker, G. F., 1949, 1950: Mineralog. Mag., 28, p. 693; 29, p. 72.

Diskussion

B. Collini påpekade bl. a. det anmärkningsvärda i att illitens 001-interferenser i de presenterade diffraktionskurvorna genomgående synas visa i stort sett samma profiler oberoende av den undersökta fraktionens kornstorlek. Detta är svårt att bringa i överensstämmelse med föredragshållarens uppfattning att glimmern i mjälafraktionen skulle vara mindre omvandlad än i finare fraktioner.

Om apparatfrågan vid automatisk granulometrisk analys.[1]

Av

T. Hagerman[2]

Abstract: For measurement and statistical investigation of such properties as the parameters, surface and shape of the projection of fine particles and pores respectively in the section of a solid, automatic instrument is required which can be further developed. On proposal of the author design work for such an instrument limited to measurements of the length and width of sediment particles has been carried out for several years at the Royal Institute of Technology, Division of Electrical measurements. The system of an electronic investigator including a television tube for analysing and a computing machine is recommended. Provided that it will be possible to apply the instrument to a great many fields the development and completion thereof should interest not only researchers but various industries as well.

Vid denna förenings möte i maj 1951 hade jag, i ett föredrag om kornstorleksbestämningar, tillfälle att beröra olika mätningsmetoder för såväl konsoliderade som lösa kornmassor. Genom tidigare undersökningar har också framkommit att bestämning av relativbredden hos friliggande kvartskorn, erhållna från digererade sediment, ger tillräckliga argument för klassificering av sedimentets genetik. Förfarandet innebär mätning av kornprojektionens längd (l) och bredd (b) och fördelning av parameterförhållandet b/l efter storleksargumentet l. Sådana diagram ha publicerats bl. a. av Hagerman och Borell (1954) och Weigh (1956). Då visuella mätningar är mycket krävande och tidsödande har det varit nödvändigt att på området få fram en metodförbättring. En första sådan förbättring genomfördes vid tillämpandet av ett mikrometerskruvsystem enl. princip från Skogsförsöksanstalten, som för detta speciella fall omkonstruerades. Med denna anordning mättes Höganäsmaterialet, som blev färdigt 1953. Något tidigare hade på mitt föranstaltande, med hjälp av statligt forskningsanslag, utredningar gjorts över möjligheten att konstruera en helautomatisk granulometer för detta ändamål. Som sakkunniga verkade här doc. S. Kruse och ing. A. Zebrowska vid avdelningen för Elektrisk Mätteknik, KTH. Arbetet mynnade ut i två förslag.

---

[1] Anförande vid Svenska föreningens för lerforskning sammanträde i Stockholm den 20 november 1956.
[2] Hagermans Konsultationsbyrå, Stockholm.

A) Ett mekaniskt undersökningsdon med fotocell som analysator. Jfr. Hagerman och medarbetare (1951).

B) Elektroniskt undersökningsdon med televisionsrör som analysator.

I båda fallen skulle resultaten föras in och behandlas i ett räkneverk, som närmast är att likna vid en enkel matematikmaskin.

När denna första utredning var avslutad bedömdes sedan kostnaden för byggnad av ett funktionsdugligt instrument till omkring 70 000 kr. De försök som gjordes att genom statligt forskningsanslag söka finansiera denna konstruktion, ledde ej till resultat. Vi sökte då istället att med smärre anslag och institutionsarbete utveckla vissa väsentliga delar av system B. Man kan säga, att genom den allmänna utvecklingen på televisionens område och med serietillverkning av sådan utrustning blev tiden alltmer mogen för tillämpandet av detta senare system. Det är även p. g. a. större snabbhet att föredra.

Svårigheter att finna intressenter här i Sverige för det exklusivt geologiska instrumentet hade även fört mig in på tanken att se mer allmänt på problemet. Sedan länge har vid Hagermans byrå åtskilliga mikromätningsarbeten utförts för industrin avseende metallpulver, färgpigment, kalk, slipmedel, filler m. m. Likaså hade mikromätningar av porer i byggnadsmaterial utförts, tegel, betong m. m. Bättre preciserade bestämningar av kornform och kornstorlek för såväl cementpartiklar som keramiska råvaror är säkert också av betydelse för berörda industrier.

Vi ställde oss därför den frågan om det ej vore riktigare med principen att instrumentet på lång sikt *framför allt* borde utvecklas att kunna tjäna så många uppgifter som möjligt, såväl avseende material som storheter att bestämma.

Mätningsuppgiften kan ibland vara enklare än den förut omnämnda, t. ex. endast avse bestämning av längden eller gälla en »linjetaxering» av ett antal dispersa korn (porer) på en yta.

Uppgiften är ibland eventuellt mer komplicerad, och avser mätning av t. ex. kornprojektionens yta, av en 3:e dimension, särskiljandet av partiklar med olika transparens, egenfärg eller olika artificiellt färgade partiklar, klassning av rundningsgrad, m. m.

Troligen faller vissa sådana bestämningar helt utanför vad som rimligtvis bör göras till föremål för fullständig automation.

Liksom vid en befolkningsundersökning bör den bärande synpunkten vara att *snabbt* få fram ett stort statistiskt underlag. Varje mätningstyp blir behäftat med *sina* fel, som kan behöva undersökas. Frågan är bara om felet kan tolereras vid, låt oss säga, en viss drifts- eller produktionskontroll

En väsentlig sak i samband med konstruktionen är behandlingen av skilda storleksklasser, d. v. s. förstoringsfrågan. För partiklar finare än ca 10—20 μ, blir samtidigt dispergeringsfrågan allt mer dominerande, Sandundersökningarna behöver knappast besväras av dispergeringsfrågan, vilket däremot blir fallet vid finkornigare sediment och vid många tekniska undersökningar.

Fotografisk upptagning och även elektronmikrofoton kan alltid göras till lämplig måttskala, där så kan vara behövligt. Filmen kontrolleras med avseende på kontrastverkan och objektets dispergering, och eventuella misslyckanden bortklippas.

Ett mycket omfattande arbete drivs utomlands på granulometerkonstruktionens område. Detta manifesterades i den världskonferens som »Institute of Physics» ordnade i Nottingham 1954. Där förekom bl. a. en avdelning »Automatized counting and sizing: Photoelectronic machines».

I Sverige disputerade C. Lagercrantz (1952) på teorin för individuell antalsräkning av mikroceller på fotoelektrisk väg och presenterade en apparatkonstruktion.

Fil. kand. Å. Hörnsten och fil. lic. N. Marklund, Mineralogisk-geologiska Inst. Uppsala, arbetar sedan föregående år, under bidrag från statligt forskningsanslag, med en förbättrad metod för samtidig mineralogisk och granulometrisk analys i mikroskop. Hr. Hörnsten har välvilligt lämnat uppgifter om ifrågavarande arbeten och sin litteratur i ärendet.

Utrustningen avser dels 1) ett mätokular med diafragmasystem eller punktsystem för dimensionsbestämning och dels 2) en registreringsapparatur, baserad på reläsystem (samtalsräknare) samt möjlighet till graderad klassning, samt kollning av resultaten. För räkneverkskonstruktionen svarar laborator Åberg, FOA. Hörnsten kommer i diskussionen att lämna ytterligare uppgifter om sitt instrument.

En väsentlig skillnad mellan Hörnsten—Marklunds anordning och den av oss föreslagna ligger i att den förstnämnda saknar möjligheten till mätoperationens helautomatiska utförande. Å andra sidan behövs den i sådana fall där visuell bedömning *är* nödvändig.

Mitt anförande i dag syftar till en aktion för att bygga ett fungerande sådant instrument här i landet och i första hand att söka få fram bättre villkor under vilka KTH, avd. för elektrisk mätteknik, kan ägna sig åt denna viktiga fråga. För planerna att komplettera förefintliga delar till granulometern och sammanställa dem till ett mätningsdugligt organ har civ.ing. Åke Bengtsson lovat redogöra.

Min mening är nu att söka samla så många som möjligt av dem som kan ha intresse av att arbete utföres på detta område och efter alla de linjer som synes ge möjlighet till allmängiltig behandling av ifrågavarande uppgifter.

Finansieringsproblemet kan ej vara av den storlek, att Sverige ej skulle ha råd att följa med på detta mycket stora och mycket betydelsefulla område.

Litteratur

HAGERMAN, T., KRUSE, S., and ZEBROWSKA, H., 1951: Design of Automatic Granulometer. IVA 22: 6, 229—230.

HAGERMAN, T., and BORELL, R., 1954: Granulometric Studies on Scanian Sandstones. Geol. Fören. Förhandl., Bd 76, H. 2, 279—298.

LAGERCRANTZ, C., 1952: On the theory of Counting Individual Microscopic Cells by Photoelectric Scanning. An Improved Counting Apparatus. Acta Physiologica Scandinavica, 26, Suppl. 93, 135 pp.

WÉGH, S., 1956: Sedimentological investigations in the environs of Hidas and Váralja, Southern Hungary. Bull. Hung. Geol. Soc., Budapest, pp. 151—160.

Automatisk räkning av antalet partiklar och partikelstorlek.[1]

Av

ÅKE BENGTSSON[2]

Abstract: The problem of measuring the number and size of fine particles is ubiquitous. Frequently, the only practicable method is by visual counting of the particles under the microscope, but this is tedious. Several methods are already under development by which a machine replace the human observer. In most cases the particles are scattered at random over a given area. A quite simpler problem of counting arises if the particles can be passed through the detecting device one at a time in an orderly row. Many ingenius ways of overcoming the difficulties are discribed or proposed in the literature. A brief description of the different methods are given.

Den automatiska räkningen av storleken och antalet partiklar har under de senaste åren undergått en kraftig utveckling. Helt nya metoder ha införts. Erfarenheterna från televisionstekniken utnyttjas. Speciellt ha engelsmännen lagt ner mycket arbete på undersökningar av kolpartiklar. Även inom medicinen finnes stort intresse för räkning av blodkroppar och celler. År 1954 ordnades en konferens av the Institute of Physics vid University of Nottingham. Erfarenheterna från denna konferens återges i British Journal of Applied Physics 1954, supplement no. 3. I det följande skall göras ett försök till en översikt av problemställningen och de föreslagna lösningsmetoderna.

---

[1] Autoreferat av föredrag vid Svenska föreningens för lerforskning sammanträde i Stockholm den 20 november 1956.

[2] Inst. f. elektrisk mätteknik, Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm.

Vid nästan alla partikelproblem är det en fråga om en undersökning av ett stort antal partiklar. Vi vilja veta totala mängden och den relativa storleksfördelningen, formen och sammansättningen när det finns mer än ett slags partiklar. Dessa undersökningar måste med nödvändighet bli tidsödande, om de utföras visuellt, t. ex. med hjälp av mikroskop. I allmänhet nöjer man sig då med ett slumpartat valt prov, vilket anses vara karakteristiskt för hela »populationen». Med automatiska metoder skulle man kunna undersöka större prov och även nedbringa undersökningstiden.

Redan på ett tidigt stadium föreslogs metoder som utnyttjade en frammatning av en partikel i sänder på mikroskopets objektbord, varvid ljuset från en projektionslampa via mikroskopet påverkade en fotocell. Härvid måste man tillse att kontrasten mellan partikeln och omgivande medium är tillräckligt kraftig. Allt efter partikelns storlek ökas eller minskas ljusmängden som träffar fotocellen, vars ström efter lämplig förstärkning tages som ett mått på partikelytan. Nästa steg i utvecklingen bestod i att ljusstrålen koncentrerades till ett smalt ljusband som svepte över mikroskopets bildfält. I gränsfallet koncentrerade man ljusstrålen till en punkt som fick utföra flera parallella svep över bildfältet. Detta svep ordnades på mekanisk väg på så sätt att objektbordet kontinuerligt roterades, varvid partikeln frammatades i en helixformad rörelse på objektbordet. Ljuspunkten kom därvid att utföra en serie parallella svep över partikeln med ett konstant avstånd mellan varje svep. Varje gång ljusstrålen skar partikeln ändrades fotocellens ström och man fick ett antal pulser. Varje puls har en varaktighet $t = \frac{l}{v}$, där l betyder partikelsekantens längd och v är svephastigheten. I ett speciellt elektroniskt räkneverk summerades alla pulstiderna $T = \Sigma t = \sum \frac{l}{w}$. Härav beräknas partikelytan $A = T \cdot v \cdot \varepsilon$ där ε betyder avståndet mellan varje puls. Vid enbart partikelräkning kunde man antingen låta första eller sista pulsen styra räkneverket. Med speciella anordningar kunde man även räkna flera partiklar som samtidigt befunno sig under mikroskopets bildfält. Framför allt utnyttjade man härvid dubbelstråleprincipen. Med ett speciellt prisma

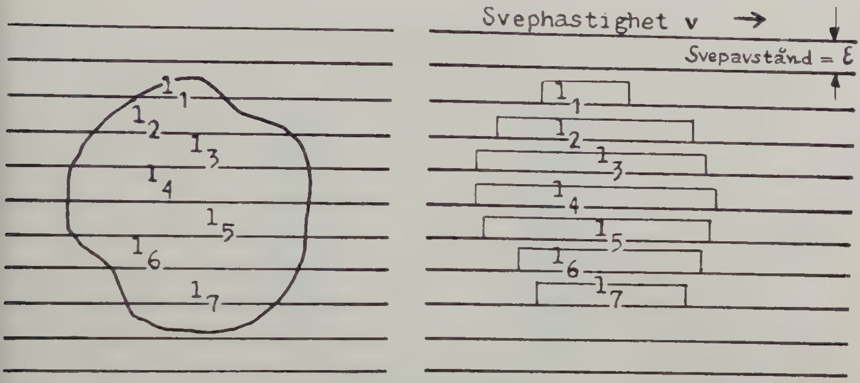


Fig. 1. Storleksbestämning med hjälp av impulsvaraktighet $t_n = \frac{l_n}{v}$

Partikelytan $A = \varepsilon \cdot \Sigma l_n = \varepsilon \cdot v \cdot \Sigma \frac{l_n}{v} = \varepsilon \cdot v \Sigma t_n$

uppdelades strålen i två parallella ljusstrålar som avsökte bildfältet. De båda strålarna reflekterades mot var sin fotocell. Räkneverken voro så konstruerade att de ej gåvo utslag vid koincidens. När övre strålen skar partikeln för sista gången gjordes en registrering enär den andra strålen, kontrollstrålen, ej då gav någon impuls. Flera metoder utvecklades för att förhindra registrering av partiklar som endast delvis lågo inom bildfältet. Härvid tillämpades en uppdelning av ljuset i ett smalt band plus en punktformig kontrollstråle. Invecklade teorier för det oundvikliga registreringsfelet uppställdes. I allmänhet behandlade dessa teorier någon enkel geometrisk partikelform, t. ex. cirkulär yta.

Experiment pågå på flera håll med förbättring av de visuella avsökningsmetoderna. Bland dessa kunna nämnas de metoder där man med hjälp av speciellt konstruerade irisbländare inför cirkulära ljusfält på bildfältet. Med mekaniska anordningar kan det cirkulära ljusfältets diameter varieras oberoende av förstoringsgraden samt även dess läge i bildplanet förskjutas. Härvid är tankegången den att man skall välja en sådan diameter på ljusfältet att dess yta blir lika stor som partikelytan, d. v. s. ytorna A + B lika med C + D. Med hjälp av lämpligt räkneverk, vilket är uppbyggt i likhet med automatiska telefonväxlar, kunna sedan partikelantal och storlek registreras. Storlekarna sorteras upp i bestämda klasser. Härvid kan man även räkna partiklar från olika material och sortera upp dem i sina respektive klasser. Metoden torde kunna kombineras med de nedan beskrivna elektroniska avsökningsdonen.

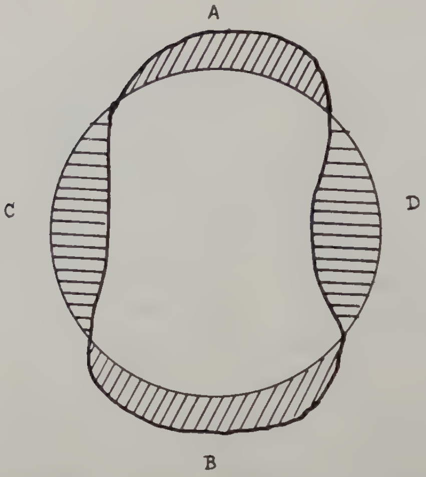


Fig. 2. Storleksbestämning med hjälp av cirkulärt bildfält. Diametern d varieras tills ytorna A + B = C + D. Avsökningen sker manuellt. Utlösningsimpuls från operatören lämnar registreringsdonet uppgift om diametern d, varvid partikeln insorteras i rätt storleksklass.

Mekaniska svep äro relativt långsamma. Man kan ej öka objektbordets rotationshastighet över vissa gränser med hänsyn till centrifugalkraften och dylikt. Därför blir svårigheterna med tillräckligt fin uppdelning av bildfältet oöverstigliga. Ganska snart insåg man metodens begränsning och övergick till elektroniska svepdon. Det är självklart att de mekaniska svepdonen äro användbara i begränsade tilllämpningar men de giva ej en allmän lösning av problemet. Nya tillverkningsmetoder har fört fram till televisionsrör, kamerarör, med mycket kraftig ljusstyrka. Bildskärmen är belagd med huvudsakligen fosfor och kan man numera tillåta en belastning av storleken 1 MN/cm^2. Denna höga belastning kan tillåtas av den orsaken att elektronstrålen endast träffar varje punkt på bildskärmen under en mycket kort tid, av storleken mikrosekunder. Därför måste man köra rören med höga svephastigheter för att ej riskera bränna sönder fosforskiktet. En alternativ lösning vore att sänka svephastigheten men endast avsöka bilden en gång var femte eller var tionde sekund eller varje gång operatören ger utlösningssignal. Härvid skulle strömbelastningen på fosforskärmen kunna ökas. Med kontinuerlig bildföljd kan man numera komma upp i bildfrekvenser på över 100 000 bilder/sekund.

Vid den elektroniska avsökningen användes ett mikroskop och ett katodstrålerör. Anordningen kallas oftast för »flying-spot mikroscope» (Roberts and Young 1952 a—b, Walton 1952). Katodstrålerörets ljusfläck utför en serie svep över bildskärmen enligt samma metoder som tillämpas i televisionsrör. Speciella svepdon avlänka elektronstrålen med konstant hastighet i x-led och samtidigt med konstant hastighet i y-led. Svephastigheten i x-led är 250—1 000 gånger större än i y-led. Bilden uppdelas därigenom i 250—1 000 linjer. När hela bilden avsökts upprepas förloppet. Med bildfältets dimensioner 50 × 50 mm skulle man således få 5—20 linjer per millimeter. Bildfrekvensen väljes förslagsvis 60 bilder/sekund. För närvarande synes det ej vara någon fördel att öka bildfrekvensen. Möjligheter härtill finnas om så skulle visa sig nödvändigt vid de fortsatta undersökningarna. I första hand måste partikelframmatningen lösas på ett tillfredsställande sätt.

När ljusstrålen passerat genom mikroskopet och bildfältet, är dess intensitet i varje ögonblick beroende av bildfältets genomsläppningsförmåga i den punkt ljusstrålen befinner sig. Ljusstrålen får sedan belysa en fotomultiplikatorcell. Fotocellens anodström varierar med ljusstrålens intensitet.

Flera forskare ha försökt lösa räkneproblemet på så sätt att ljusstrålen utföres i form av ett smalt ljusband, slits, som utför flera parallellförskjutna svep över bildfältet. Varje svep belyser således en väl definierad yta. Man kan då räkna antalet gånger som slitsen är helt eller delvis avskärmad av en partikel som passerar förbi slitsen och även mäta amplituden och varaktigheten. Emellertid komma en del partiklar att endast delvis överlappa svepytans kanter. Det kan även inträffa att mer än en partikel samtidigt skäres av slitsen. M. Le Bouffant och M. Soulé ha visat att det finns ett optimalt värde på slitsens längd vid olika intensitet i provet, som ger ett minimum på felet varvid randfelen och felen vid koincidens från flera partiklar taga ut varandra.

Vid räkning av blodceller ha Cooks-Jarborough och Whyard (1954) tillämpat en annan metod. Om slitsens längd är x, räknas alla partiklar vars centrum ligger mellan två parallella linjer på avståndet x + d där d är partikelns diameter. Upprepas räkningen med en annan längd x_2 på slitsen räknas alla partiklar vars centrum ligger mellan linjerna med avståndet $x_2 + d$. Skillnaden mellan dessa båda räkningar ger antalet partiklar som ligga inom ett band med bredden $x_1 - x_2$ oberoende av partikelstorleken d. Man kan sedan göra en statistisk korrektion för koincidenta skärningar om alla partiklar ha ungefär samma storlek. Nackdelen med denna metod är att varje räkning med en bestämd slitslängd x är behäftad med ett statistiskt fel. Vid differensräkning med två olika slitslängder måste man addera felen vid båda mätningarna för att få felet vid differensräkningen.

Det synes vara lämpligare att fokusera ljusstrålen till en punkt vilken får utföra ett antal svep över bildrutan. Härvid kan ljusstrålen

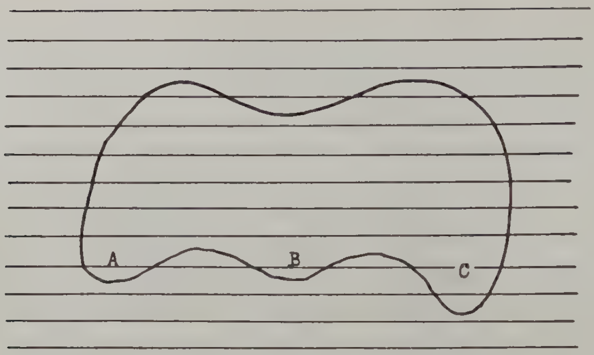


Fig. 3. Multipelräkning av partikel med inbuktningar.

endast skära en partikel åt gången. Randfelen och koincidensfelen elimineras. I stället uppstå svårigheter av annat slag. Varje partikel blir nu uppdelad i ett antal parallella linjer. Vid partikelräkning skall endast en av dessa linjer räknas. Dessa linjers längd är ej direkt ett mått på partikelns storlek. Linjelängden blir beroende av om skärningen inträffar nära kanterna eller på mitten. Man kan även få två eller flera dellinjer tillhörande samma partikel i ett och samma svep om partikelkonturen är starkt inbuktad. Införes en kontrollstråle, vilken förskjutes ett svep nedåt, får man två samtidiga impulser, varvid kontrollstrålens impuls spärrar räkneverket. Först när man nått ned till partikelns undre kant ges impuls till räkneverket enär kontrollstrålens impuls då uteblir. Den i figuren visade konturen skulle ge upphov till två registreringar när man passerar utbuktningarna A och B medan utbuktningen C först ger räkneimpuls i nästa svep. Denna partikel skulle således ha räknats som tre partiklar. Detta är en svaghet i metoden. Mera härom nedan.

En annan metod, avsedd för bestämning av storleksfördelningen, beskrives av W. K. Taylor (1954). Han använder sig även av en kontrollstråle. Impulserna från fotocellen förstärkas och avklippas så att man får rektangelpulser med konstant amplitud. När strålen utför svep 1 gör kontrollstrålen svep 2. Vi få då en rektangelpuls enligt 1_a. Samtidigt startas en pulsgenerator som ger en impuls med inställbar varaktighet nt. Dessa båda pulser styra en andra pulsgenerator vilken ger en puls med varaktigheten $t_1 - nt$. Denna impuls differentieras och ger de båda pulserna A_1 och A_2. Pulsen A_1 startar ett uppladdningsrör som laddar en kondensator. Pulsen B_1 släcker uppladdningsröret och urladdar kondensatorn. Samma sak gäller för kontrollstrålen. Dess första impuls A_2 blockerar räkneverket och dess andra impuls

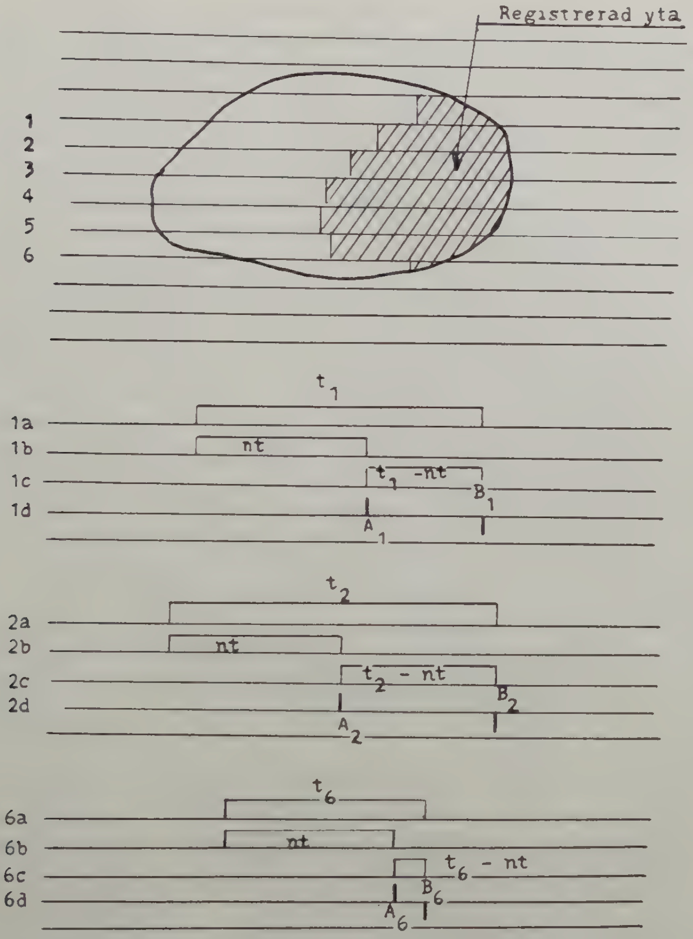


Fig. 4. Storleksbestämning med hjälp av kontrollstråle och kontrollimpuls med inställbar varaktighet. Endast partiklar med dimensioner större än nt registreras.

B_2 släcker uppladdningsröret, varigenom en impuls till räkneverket förhindras. Skulle impulsen nt ha större varaktighet än t_1 händer ingenting. Först när kontrollstrålens impulser A_2 resp. B_2 uteblir går den uppladdade kondensatorns spänning vidare till räkneverket och partikeln räknas. Väljes olika värden på pulslängden nt, fås räkning av de partiklar vars dimensioner äro större än nt och således har man en möjlighet till bestämning av storleksfördelningen.

Flera olika förslag till »minnessystem» ha även framförts, vilka direkt skulle ange antalet partiklar och deras storlek. Utrustningen förses med

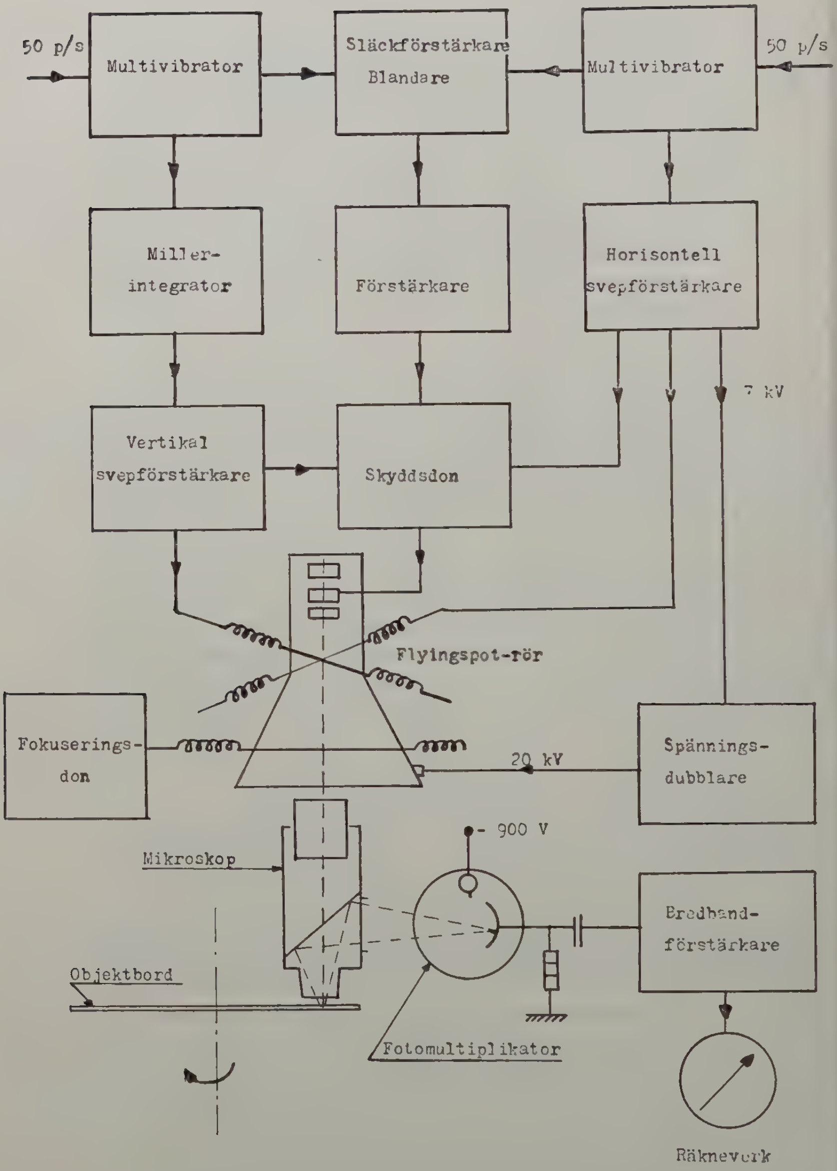


Fig. 5. Blockschema för automatisk granulometer.

ett antal minneskanaler. När strålen första gången skär en partikel inkopplas en ledig minneskanal och impulsens varaktighet registreras. När svepet nästa gång skär samma partikel inkopplas åter minneskanalen och registreringen fortsätter. Detta system förutsätter ett relativt stort antal minneskanaler. Med hjälp av transistorer torde dessa minneskanaler kunna nedbantas till relativt små dimensioner. En annan möjlighet är att utnyttja magnetiska minnen vilka genomsökas samtidigt med nästföljande svep och därmed ger lämpliga impulser för registrering av antalet, (vid utebliven koincidens), resp. storleken genom att vidarebefordra den föregående impulsen till en impulsvaraktighetsmätare.

Flying-spot-mikroskopet kan utan vidlyftiga anordningar utföras för visuellt återgivande av bildfältet med hjälp av ytterligare ett televisionsrör vars svepdon styres av flying-spot-rörets svepdon. Impulserna från fotocellen intensitetsmodulera elektronstrålen varvid man får en televisionsbild av det avsökta bildfältet. Här kan man införa extra spänningsimpulser, vilka öka intensiteten varje gång en impuls införes i räkneverket. Härigenom får man en visuell kontroll av räkneverket och kan utföra erforderliga korrektioner för eventuell dubbelräkning. Ett speciellt manöverdon blockerar räkneverket och inför räkneimpulserna efter den visuella kontrollen. Denna televisionsbild av bildfältet kan även utnyttjas för demonstration av undersökningsmaterialet vid undervisning m. m.

Litteratur

Cooks-Jarborough, E. H., and Whyard, R. E., 1954: The automatic counting of red blood cells. British J. Appl. Phys., Suppl. No. 3, Paper G 3, 147—156.

Roberts, F., and Young, J. Z., 1952 a: High-speed counting with the flying spot microscope. Nature, 169, 963.

Roberts, F., and Young, J. Z., 1952 b: The flying spot microscope. Proc. Inst. Electr. Eng., 99, P. 3A, 747—757.

Taylor, W. K., 1954: An automatic system for obtaining particle size distributions with the aid of the flying spot microscope. British J. Appl. Phys., Suppl. No. 3, Paper G 7, 173—175.

Walton, W. H., 1952: Automatic counting of microscopic particles. Nature, 169, 518—520.

En ringspaltsikt för bestämning av kornstorleksfördelning[1]

Av

Karl-Ivar Skärblom[2]

I samband med vissa pulvertekniska forskningsuppgifter, varvid det bl. a. gällde för mig att utexperimentera framställningsmetoder för självrinnande pulver med reproducerbara egenskaper ifråga om volymvikt och rinnförmåga, var det önskvärt att få fram en snabbare, noggrannare och mindre materialkrävande metod för bestämning av kornstorleksfördelningen än den vanliga siktningsmetoden med metalltrådssiktar. Dessa strävanden ledde till utarbetandet av ringspaltsikten, vilken kommer att närmare beskrivas i det följande och som nyligen patentsökts.

Ringspaltsiktens konstruktion

Fig. 1 visar en vertikal genomskärning och en vy ovanifrån av sikten. Anordningens verksamma organ kan betecknas som ett skiljebord, som består av en cirkulär skiva (1), vilken långsamt roterar kring en axel genom punkten C_1, och en likaledes cirkulär och med samma varvtal och i samma riktning som skivan roterande ring (2) utanför skivan (1).

Ringens inre diameter är något större än skivans diameter. Ringen är excentriskt lagrad i förhållande till skivan (dess rotationsaxel går genom punkten C_2), så att den tangerar skivan i en punkt, varigenom en månskäreliknande spalt bildas mellan ringen och skivan. Skivans kant och ringens innerkant äro fasade, så att spalten begränsas av två mot varandra riktade eggar med sina spetsar i samma plan.

I omedelbar förening med skivan och koncentriskt under densamma befinner sig dess axel (5) med remskivan (7) fastdragen med muttern (8). Axeln är lagrad i ett stativ (6), på vars överdel även ringen är lagrad. Ringen drives runt medelst en på skivan anbringad medbringare (3) och en tapp (4) på ringen.

Under spalten, med sina mittpunkter i spaltens mittlinje, finnes en serie hål borrade i stativet (6). Hålen äro upptill trattformigt urfrästa,

---

[1] Autoreferat av föredrag vid Svenska föreningens för lerforskning sammanträde i Stockholm den 20 november 1956.

[2] Försvarets forskningsanstalt, Stockholm.

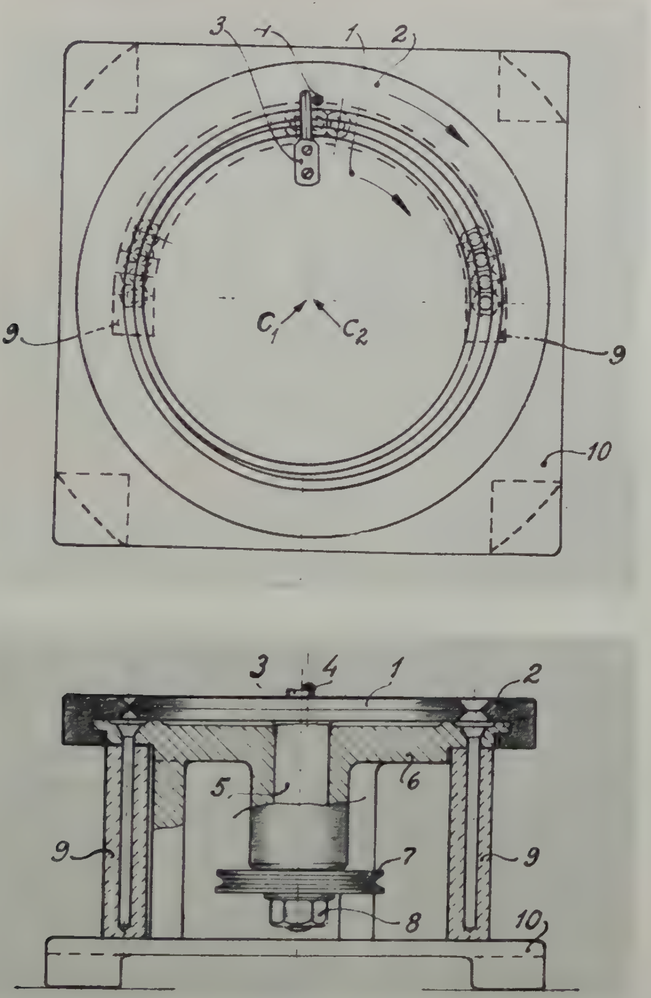


Fig. 1. Ringspaltsikt.

så att skarpkantade åsar skilja hålen från varandra, varigenom dessa åsar tjänstgöra som fraktionsdelare. Mot hålen korrespondera vertikala, parallella urborrningar (rör) i en halvcylindrisk kropp (9) av ett genomsiktligt material, kallad fraktionssamlare. De nämnda apparatelementen äro monterade på en gemensam bottenplatta (10), som i sin tur är fixerad på en vibrator, som försätter skiljebordet i vertikala vibrationer samtidigt som det roterar.

Ringspaltsiktens verkningssätt

Det pulverformiga material, vars kornstorleksfördelning skall bestämmas, tillföres från en mitt över spaltens tangeringspunkt anbragt matareanordning, vars uppgift även är att separera de enskilda kornen från kontakt med varandra. Från tangeringspunkten transporteras kornen på grund av rotationen i riktning mot den diametralt motsatta max. punkten, där eventuellt förefintliga korn med större storlek än som motsvarar spaltvidden här, föras upp ur spalten och avlägsnas medelst ett snett i spalten infört litet metallbleck. Genom vibreringen bringas kornen att orientera sig med tyngdpunkten så lågt som möjligt, vilket bidrager till en god reproducerbarhet hos kornstorleksanalysen med denna anordning. På sin väg mot allt större spaltvidder finner varje korn till slut en spaltvidd, som svarar mot dess kornstorlek, mätt i spaltens tvärriktning, och faller då genom spalten ned i ett rör i fraktionssamlaren.

Då siktningen pågått en viss tid, kan man i fraktionssamlaren direkt iakttaga, hur kornen alltefter sin storlek fördelas på de olika rören. Man erhåller på detta sätt omedelbart ett stapeldiagram (histogram) över kornstorleksfördelningen, och man kan fortsätta att bygga upp detta, tills den största fraktionen helt fyllt upp motsvarande rör i fraktionssamlaren. För jämförande undersökningar är ett sådant diagram tillräckligt upplysande. Vill man även ha ett stapeldiagram, som anger viktsfördelningen över de mot varje fraktion (rör) svarande kornstorleksintervallen, använder man en fraktionssamlare, där varje rör nedtill är försett med en miniatyrkran, genom vilken rörets innehåll kan tömmas och vägas, sedan fraktionssamlaren har lösgjorts från bottenplattan och placerats i ett lämpligt stativ. Fraktionssamlaren kan även utformas så, att ringspaltsikten kan drivas kontinuerligt under obegränsad tid och större mängder av önskade fraktioner kunna uttagas ur ett material för experimentella ändamål. Rör borras eller rännor fräsas då i ett halvcylindriskt block, så att de riktas snett nedåt-utåt och få fria utloppsöppningar, under vilka placeras utbytbara provrör eller öppna rör nedtill förbundna med slangar, som leda ned i burkar.

Samband mellan spaltlängd och spaltvidd

Med de i fig. 2 angivna beteckningarna och beteckningen $k = \frac{a_2}{a_1}$ som förhållandet mellan skivans och ringens radier (eller diametrar), kan man för spaltvidden x med hjälp av kända trigonometriska satser

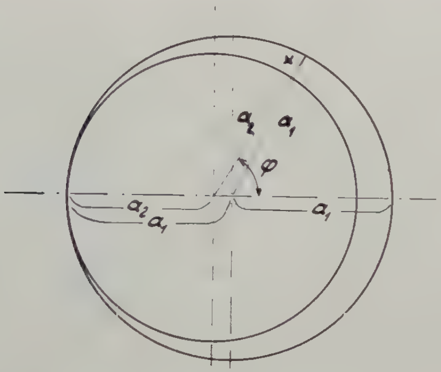


Fig. 2. Ringspaltsiktens geometri.

för trianglar lätt härleda x som en funktion av centrumvinkeln φ, som ju står i direkt förhållande till spaltlängden. Är max. spaltvidden liten i förhållande till skivans och ringens diametrar, erhålles följande enkla formel:

$$x = \frac{1 - k}{2k} (1 + \cos \varphi)$$

varvid x betyder spaltvidden i förhållande till skivans diameter.

Man kan, såsom fig. 1 visar, göra fraktionsdelaren och fraktionssamlaren likavståndiga och härur samt ovanstående formel beräkna kornstorleksintervallet för varje rör. Man kan också beräkna och konstruera fraktionsdelaren och -samlaren så, att varje fraktion kommer att motsvara ett konstant kornstorleksintervall (t. ex. 0,1 mm).

Användbarhetsområde

En undre gräns för ringspaltsiktens användbarhet för kornstorleksanalys sättes av det pulverformiga materialets egenskaper och matningsanordningens förmåga att separera isär de enskilda kornen. En övre gräns finns principiellt inte, men å andra sidan går den vanliga siktningen på metalltrådsnät rätt snabbt, när kornstorleken överstiger några mm, och kravet på täta intervall på kornstorleksfördelningskurvan är vanligen inte heller så stort vid sådana kornstorlekar.

Drivsätt för skiva och ring

Fig. 3 visar, hur med utgångspunkt från spaltens tangeringspunkt korresponderande punkter på skivan och ringen förflytta sig i förhål-

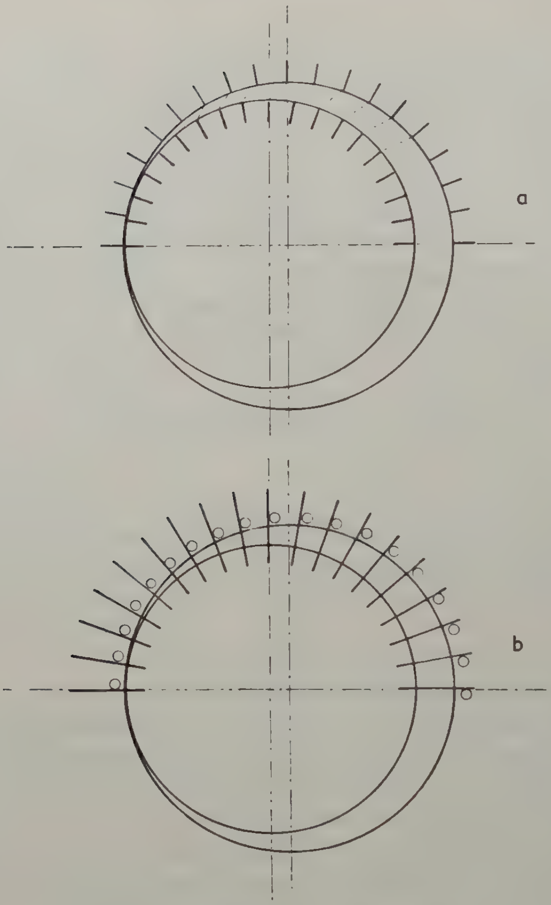


Fig. 3. Rörelsesätt för ringspaltsikten.
a. Samma vinkelhastighet hos ring och skiva.
b. Ringen drives av medbringare på skivan.

lande till varandra, dels om ringen och skivan drivas med samma konstanta vinkelhastighet, dels om medbringare på skivan driver ringen. I förra fallet uppkommer som synes en förskjutning mellan de korresponderande punkterna, vilket eventuellt kan leda till en krossning av kornen eller en slitning av spaltens sidor.

Matningsanordningen

Fig. 4 visar en sammanställning av hela apparaturen för kornstorleksbestämning enligt det nya förfarandet. Provet fylles i den lodrätt

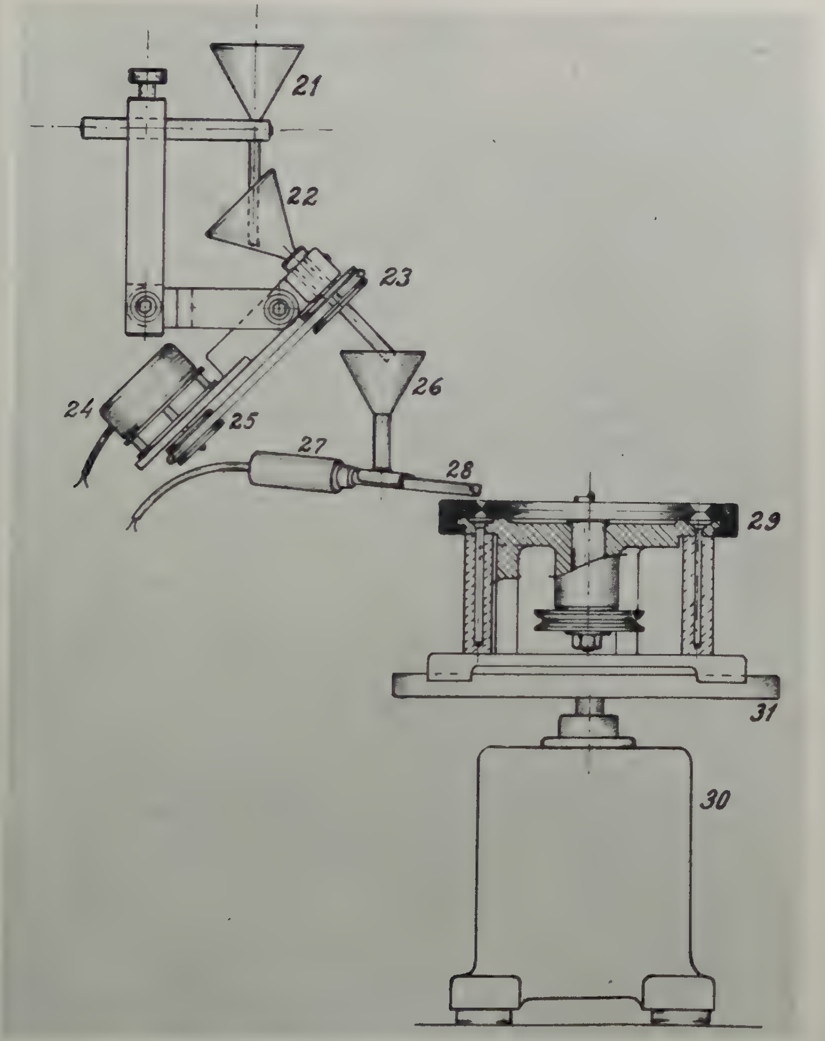


Fig. 4. Ringspaltsikt med matareanordning.

monterade tratten (21), varvid endast obetydliga mängder rinna ut i den snett monterade tratten (22). Inte förrän denna medelst den illa synkronmotorn med utväxling (24) och snörtrissorna (25 och 23) försättes i långsam rotation rinner pulver ur tratten (21) och vidare genom pipen på tratten (22) ned genom den fasta tratten (26) till vibratorrännan (28), som påverkas av den reglerbara vibratorn (27). Vibratorrännan mynnar över tangeringspunkten hos spalten till ring-

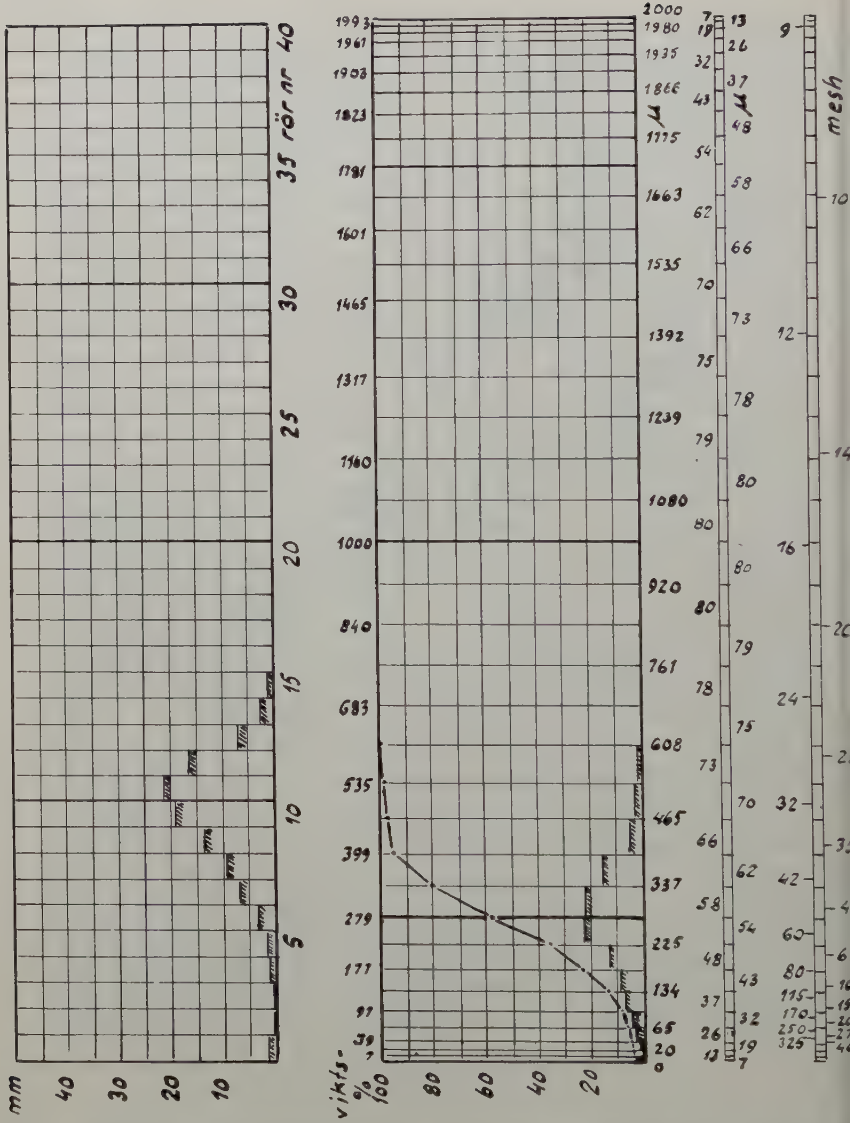


Fig. 5. Exempel på kornstorleksanalys med ringspaltsikt. Pyroteknisk sats, tabletterad krossad och utsiktad mellan 600 och 80 μ (28 resp. 200 mesh).

spaltsikten (29), som med tillhörande fraktionssamlare och bottenplatta är placerad på vibratorns (30) vibratorbord (31). Ifrågakommande stativ för matningsanordningarna och drivmotorn till ringspaltsikten ha såsom varande av mindre intresse icke medtagits i fig. 4.

Såsom nämnts är det för ringspaltsiktens riktiga funktionerande nödvändigt, att det pulverformiga materialet tillföres till siktspalten på sådant sätt, att de enskilda kornen äro väl åtskilda. Detta kan åstadkommas genom en långsam, till pulvrets kornstorleksområde och rinnförmåga väl avpassad rotationshastighet hos den roterande tratten (22) och en till denna matningshastighet avpassad vibrering av vibreringsrännan (28) samt eventuellt genom en automatisk till- och frånkoppling av den roterande tratten. I stort sett gäller, att matningen måste ske långsammare ju finare pulvret är.

Utvärdering av kornstorleksbestämningen

Fig. 5 visar som ett exempel på kornstorleksbestämning med ringspaltsikten en undersökning av en kornad pyroteknisk sats utförd på en spalt med max. vidd 2.00 mm och en spaltlängd av 200 mm. Denna sats har framställts så, att den efter blandning av komponenterna granulerats, pressats till tabletter, som krossats i en spindelkross, varefter ur krossmaterialet allt utsiktats mellan en sikt (28 mesh) med en maskvidd om ungefär 600 μ och en sikt (200 mesh) med en maskvidd om ungefär 75 μ.

Det övre diagrammet i fig. 5 visar den direkt avlästa pulverhöjden i resp. rör i fraktionssamlaren som medelvärde av 3 bestämningar med ett och samma pulverprov. Varje fraktion har även vägts, och i det undre diagrammet i fig. 5 har dels de olika fraktionernas mängd i vikts-%, dels den däremot svarande fördelningskurvan angivits, varvid abskissan är delad i enlighet med spaltviddens verkliga ändring med spaltlängden. Provmängden har varit ungefär 1 ml, motsvarande en vikt av ungefär 2,6 g. Påmatningstiden var ca. 35 min. för en bestämning.

Ofta nog kunna tillräckligt säkra resultat erhållas med mindre provmängder och därmed kortare påmatningstider, t. ex. om kornstorleksområdet är mera begränsat eller omfattar större kornstorlekar.

Jag vill i detta sammanhang även framföra mitt tack för värdefull hjälp till verkstadschefen vid FOA1 ing. P. Clementz och till min medarbetare civiling. C.-G. Setterqvist.

En apparatur med halvautomatisk registrering för mineralogisk-granulometrisk analys i mikroskop[1]

Av

ÅKE HÖRNSTEN[2]

Abstract: At the Mineralogical-geological Institute of the University of Uppsala an apparatus is being constructed which permits half-automatical registration for combined mineralogical and granulometrical analyses by microscope.

The apparatus consists of a new type of measuring eyepiece connected with a registering apparatus via a keyboard with twelve push-buttons. The registering apparatus consists of more than a hundred electrical counters, connected in different ways, which permit registration of the frequencies of the different minerals at the same time as the grain sizes of the respective minerals are registrated separately. With the help of the measuring eyepiece a transparent circular scale is projected into the field of view of the microscope. The size and the position of the scale can be varied continuously and arbitrarily in the field. The scale is placed over the grain the size of which is to be measured, and is adjusted according to the size of the grain. Simultaneously an electrical contact device comes into action. A push-button on the keyboard, which corresponds to the mineral in question, is pressed and an electrical signal is conducted via the contact device to the registering apparatus to be recorded both in a counter which corresponds to the actual mineral and in another counter corresponding to a certain grain size of that mineral.

Because of the circular form of the scale the measuring eyepiece can be used, in addition, for determination of shape and roundness and so on.

Här nedan i korthet beskrivna apparatur har konstruerats för att åstadkomma en metodförbättring på den mineralogisk-granulometriska analysens område. Apparaturen består av ett nykonstruerat mätokular, som är förbundet med en registreringsapparat via ett tangentbord. Mätokularet är redan tillverkat och registreringsapparaten håller på att monteras ihop. Denna består av ett reläsystem med något över hundra på olika sätt sammanbundna räkneverk (Televerkets samtalsräknare). Fil. lic. Nils Marklund har ursprungligen lagt fram ett förslag till en registreringsapparats konstruktion, vilken jag vidareutvecklat i samarbete med laborator Ulf Åberg, som svarar för de elektrotekniska detaljerna.

Storleksbestämningarna sker på så sätt att i mikroskopets bildfält projiceras in en transparent cirkulär skala, vars storlek och läge godtyckligt kan varieras. Denna inprojicering av skalan sker i mätokularet i dess nuvarande utformning med tillhjälp av en snedställd komparationsplatta och en irisbländare. Mätokularet kan användas till alla typer av mikroskop där »normala» okular användes och är således användbart till polarisationsmikroskop, malmmikroskop, mikroskop med utrustning för faskontrast, mörkfältsbelysning, variocolor m. m.

---

[1] Ett preliminärt meddelande vid Svenska föreningens för lerforskning sammanträde i Stockholm den 20 november 1956.

[2] Uppsala universitets mineralogisk-geologiska institution.

Skalan förskjutes snabbt och bekvämt i x- och y-riktningarna genom vridning av två rattar på okularet och placeras över den partikel, vars storlek skall mätas. Skalans storlek inställes så att den överensstämmer med partikelns. Utföres nu enbart kornstorleksanalys, trycker man på en knapp på tangentbordet, varvid en elektrisk signal går via okularet till registreringsapparaten (varje kornstorleksklass motsvaras av en viss kontakt i okularet och ett räkneverk i registreringsapparaten). Samtidigt inregistrerar ett totalräkneverk hur många korn som räknats. Preparatet flyttas och proceduren upprepas.

Utföres samtidigt mineralogiska bestämningar blir förfarandet följande: Kornstorleken fastställes med tillhjälp av skalan och mineralet bestämmes. En knapp motsvarande ett visst mineral nedtryckes på tangentbordet och en signal går via okularets kontaktanordning till det räkneverk, som motsvarar ett visst mineral och en viss kornstorlek för detta mineral. På så sätt erhålles värden för de olika mineralens fördelningar och en kornstorleksfördelning för varje mineral erhålles. Dessutom fås i särskilda räkneverk en kornstorleksfördelning för alla mineralen tillsammans. (Polyminerala korn registreras på så sätt att de ges en särskild kornstorleksfördelning och de mineral, som ingå i dessa korn, registreras i respektive minerals räkneverk).

Med tillhjälp av en objektivrevolver med snabbt skiftbara objektiv av olika förstoringsgrader kan man alltid välja den lämpligaste förstoringsgraden. Genom att en objektivindikator användes, behöver man inte tänka på vilken förstoring man arbetar med. Indikatorn påverkar automatiskt reläer, vilka för den aktuella förstoringen kopplar in rätt anslutning till registreringsapparaten.

Ett speciellt registreringsförfarande har utarbetats för de tillfällen då apparaturen är avsedd att användas tillsammans med den s. k. point-count-metoden.

Tack vare att den cirkulära skalan kan varieras till storlek och läge kan morfometriska bestämningar lätt göras (»tvådimensionell») sfäricitet, rundning, bredd/längdbestämningar m. m.

Arbetet utföres med anslag från Statens naturvetenskapliga forskningsråd.

Mode of Occurrence of Uranium in Swedish Black Shales Preliminary investigations[1]

By

ROLAND RYNNINGER[2]

The chemical and mineralogical nature of uranium in black shales still remains an open question. Even very recent investigations have failed in answering the question whether uranium is fixed in the organic or in the inorganic constituents.

In this investigation two different approaches to the problem have been made.

1. Stepwise separation of the organic and inorganic constituents of the shale and simultaneous enrichment of the different shale minerals in different fractions. A modified version of Quass' method (1939) was used. The inorganic concentrates obtained in this way were separated into several fractions according to grain size and varying from 10 to $< 0{,}1\ \mu$. The uranium content and mineral composition of the fractions have been determined.

2. Elution of shale in a column with diluted HCl of successively increasing concentration and determination of the elution curves for U, Fe, Al, Ca, Mg, Na, K, CO_2, PO_4^{3-} and SO_4^{2-}.

The results from experiments according to point 1 indicate that in the highly enriched organic concentrates ($> 50\ \%$ organic) the uranium content decreases with an increasing percentage of organic material. The uranium content is proportional to the content of inorganic residue in the fraction.

Uranium is concentrated in the inorganic fractions and is especially enriched (up to 5 times compared with the shale) in the fine fractions ($\leq 0{,}1\ \mu$). About 30 % of the uranium in the fine fractions is insoluble in boiling dilute HCl.

On comparing different fractions no correlation is found between the uranium content and the content of quartz, feldspar and pyrite. Positive correlation is indicated between acid insoluble uranium and micaceous minerals also found to be enriched in the fine fractions. Enrichment of acid soluble uranium along with some undefined acid soluble Al and Fe compounds is also found in the fine fraction.

---

[1] Summary of a lecture given to The Swedish Society for Clay Research, Stockholm, the 20th of november, 1956.

[2] Aktiebolaget Atomenergi, Stockholm.

The elution experiments according to point 2 indicate that about 30 % of the uranium content of the shales occurs in a very acid soluble form, which is very rapidly eluted without any diffusion hindrance as soon as the dissolution of the carbonates is finished and the pH has dropped to slightly less than 3. The elution of U is accompanied by an elution of Fe, Al, PO_4 and SO_4.

About 40—50 % of uranium is present in a form not easily attacked by acids in the absence of oxidizing agents. A pronounced drop in the elution rate occurs after the dissolution of the first 30 % of uranium as can be seen from the curves. An increase in the acid concentration seems to have a very small influence on the elution rate for this part of the uranium. On the other hand the elution rates of Mg, Al, Fe and K increase indicating dissolution of silicate minerals probably chlorite, phlogopite, montmorillonite etc., present in small amounts in the shale.

These preliminary experiments indicate that 70—80 % of the uranium in shales is soluble in acids and is present along with several other microelements, iron and aluminium as a separate fine grained phase possibly amorphous and without structural relation to the major part of the organic constituents as well as to the major minerals of the shale.

The remaining 20—30 % of the uranium content is possibly mineralized in some types of micaceous minerals and is therefore slightly attacked by acids.

The easily soluble part of the uranium seems to be present intimately mixed with phosphates and carbonates (possibly also sulphates and hydrates) of Al and Fe (possibly also Ca and Mg). The elution curves indicate that this part is distributed very closely along the macro pore structure of the shale and is therefore easily soluble. The remaining 40—50 % of the acid soluble uranium seems to be present in a different form. The difference may be a chemical one (U(4)) compounds are less soluble than U(6)) or a matter of distribution of the uranium in the shale. In the second case penetration of the microstructure prior to elution is possibly the rate determining factor. Anyhow, there seems to be no correlation with phosphate content for this last mentioned part, but possibly there is a correlation to some easily soluble silicates.

From the hypothesis that uranium was initially enriched in the shales by adsorption on humus which was later removed by microbial action it seems probable that several microelements including uranium and also some other multivalent elements such as iron and aluminium are enriched at the interfaces between the residue of organic material and mineral grains. This interfacial material will probably be very

fine grained and slightly crystallized according to its mode of formation. By treating raw shale with leaching agents the dissolution of this interfacial material will probably be dependent on the size of the coated mineral grains, for coarser grains related to the macro structure and for fine grains to the micro structure. Surface tensions between organic matter and mineral grains may also be of importance. Further investigations will take account also of those questions.

References

Quass, F. W., 1939: J. Inst. Petr. Vol. 25, p. 813—14.

Diskussioner

Om bevätningsvärme hos ler och humus

Av

I. Th. Rosenqvist

I Meddelanden från Svenska Föreningen för Lerforskning nr. 6, Geologiska Föreningens Förhandlingar bind 78, hefte 3, 1956, har Svante Odén en meget interessant avhandling med ovennevnte titel. Han gjör meg her den ære å referere til endel undersökelser over samme tema utfört på norske jordarter.

I sin vurdering av sammenhengen mellom fuktevarme og jonebytningskapasitet, kommer Odén til en lineær relasjon, hvorved 1 g.kal. motsvarer 4,8 milliekvivalenter, mens jeg for norske og danske leirer har funnet forholdet 1 g.kal. til 10 milliekvivalenter. Odén angir at forskjellen »knappast kan tolkas på annat sätt än att den radioaktiva Ca-metod, som använts, givit för höga värden på utbyteskapaciteten. Man kan ju tänka sig en substitution av gitterbundet Ca hos lermineral, kalcit eller gips som orsak till denna avvikelse». Til dette vil jeg bemerke at årsaken til våre forskjellige relasjoner neppe ligger i en feil i den radioaktive kalsiummetode. For det förste er det kun enkelte av de undersökte jordarter som inneholder kalcit eller gips. For det annet er det nærmest utenkelig at man av denne grunn konsekvent skulle få dobbelt verdi for baseadsorbsjon. Likeledes er den radioaktive baseadsorbsjonsmetode sammenlignet med kjemisk bestemmelse i flere tilfelle, uten at noen systematisk forskjell gjör seg gjeldende. Grunnen til avviket finnes sikkert i verdiene for fuktevarmen og ikke i verdiene for baseadsorbsjonskapasiteten. For det förste angir jeg uttrykkelig at mine undersökelser er utfört på natriumleire, mens Odéns er utfört på kalsiumleire. Efter den relasjon Odén selv anvender, gir natriumleiren en fuktevarme som er 76 % av kalsiumleiren. For det annet er mine bestemmelser utfört på fullstendig humusfri jord med en annen type kalorimeter, hvorved det ikke uten videre er gitt at vi måler nöyaktig samme termiske effekt.

Interessant er imidlertid å merke seg at såvel Odén som vi finner samme verdi for den differensielle fuktevarme ved vanninhold = 0, nemlig vi 277 g.kal. pr. gram adsorbert mot Odéns tabell fra 214 til 304. Likeledes finner

vin omtrent samme verdi for det adsorberte vanns orienteringsenergi, nemlig vi ca. 84 g.kal. mot Odéns ca. 100. Begge undersökelser viser derfor at energiinnholdet av det vann som er bundet nærmest til leirmineralene må svare nonelunde til energiinnholdet i is, og at orienteringsenergien avtar relativt raskt fra mineralens overflate og utover, slik at en avstand svarende til meget få (dvs. mindre enn 10) vannmolekyler ikke lenger har noen orienteringseffekt.

Genmäle till prof. I. Th. Rosenqvist angående bevätningsvärme hos ler och humus

Av

SVANTE ODÉN

Prof. Rosenqvist har med ovanstående inlägg uppmärksammat den skiljaktighet, som föreligger mellan våra undersökningar över sambandet mellan bevätningsvärme och utbyteskapacitet. Den avsevärda skillnaden mellan resp. regressionskoefficienter (4,8 resp. 10,0) har jag tolkat så, att den radioaktiva Ca-metoden givit för höga värden på utbyteskapaciteten. Rosenqvist anför mot detta, att så inte kan vara fallet, utan att olikheten snarare är en följd av den metodik jag utarbetat för mätningar av det integrala bevätningsvärmet. Här står således metod mot metod.

Vad först bevätningsvärmemetodiken beträffar så överensstämmer mina mätvärden helt med de som erhållas medelst adiabatiska blandkalorimetrar (använda av bl. a. Janert och Rosenqvist). Cirka hälften av bestämningarna för korrelationen mellan lerhalt och bevätningsvärme (fig. 2, GFF 78: 3 sid. 542) har nämligen utförts medelst Dewar-kalorimeter och därvid givit upphov till en punktsvärm, som på intet sätt skiljer sig från den som mikrokalorimeterns mätvärden leder till. Det har vidare genom Graff-Petersens försorg varit möjligt för mig att bestämma bevätningsvärmet för »naturlig Lillebaeltler» (ingår i Rosenqvists undersökning). De jämförande bestämningarna visade sig därvid praktiskt taget överensstämma (6,76—6,99 gkal/g jämfört med 6,71 gkal/g).

Vad avser bevätningsvärmemetodiken vill jag slutligen framhålla att det inte skulle varit möjligt att få fram negativa värden på ändringen i det adsorberade vattnets entropi, om mina mätvärden för det integrala bevätningsvärmet i enlighet med Rosenqvists förmodan i avsevärd grad vore för höga. Det skulle nämligen leda till att beräkningen av orienteringsentropin vid viss vattenhalt, som endast är möjlig med kännedom om de differentiala värdena för både fria energin och bevätningsvärmet, skulle ge upphov till positiva värden över hela vattenhaltsområdet. Ett sådant resultat strider mot vad man känner till om vattenadsorptionen hos t. ex. agar, bomull eller trä.

Den av Rosenqvist utarbetade metoden för bestämning av utbyteskapaciteten medelst radioaktivt kalcium synes, under vissa omständigheter, ge tillförlitliga värden. Själv har jag ingen erfarenhet av den. Jag får därför nöja mig med att framhålla, att Poul Graff-Petersen (Dansk Geologisk Forening, Bd 13: 3, 1956) nyligen har visat, att speciellt kalcit och gips inverkar på mätresultaten. Dessa mineral, som har mycket ringa utbyteskapacitet och bevätningsvärme, ger likväl en »utbyteskapacitet» enligt Ca-45 metoden på 57 resp. 104 me/100 g. Graff-Petersen framhåller även att »numerous Danish clays contain calcite and many clays contain gypsum» varför jag tycker det är ganska förklarligt med den avvikande regressionskoefficienten i Rosenqvists diagram, emedan detta diagram bärs upp av just danska leror.

Graff-Petersen har godhetsfullt meddelat mig att han vid senare undersökningar och med eliminerande av den speciella felkällan för den radioaktiva Ca-metoden funnit, att relationen utbyteskapacitet : bevätningsvärme ligger omkring 4,3, d. v. s. i överensstämmelse med Janerts och mina undersökningar.

Na-ler ger vanligtvis ett bevätningsvärme, som är ca. 76 % av Ca-lerets, och denna relation borde kanske ha tillämpats av mig vid återgivandet av Rosenqvists diagram. Så blev dock inte fallet emedan hans egen undersökning av monokatjon-ler från Åserum visar, att Ca- och Na-ler är likvärda ur bevätningsvärmesynpunkt.

Jag har med dessa rader velat bemöta Rosenqvists synpunkter på sambandet mellan utbyteskapaciteten och det integrala bevätningsvärmet vid »vattenhalten 0». Frågan är naturligtvis inte helt utredd i och med detta utan kan bli så först efter en parallellt genomförd undersökning på samma serie jordar. Det är min förhoppning att en sådan undersökning skall komma till stånd som en följd av denna diskussion.

Old and New Datings of Swedish Ice Lakes and the Thermals of Bölling and Alleröd

By

EBBA HULT DE GEER

1. The Central Jemtland ice lake, last drainage sequence and a facies change from late glacial to postglacial type

The Central Jemtland ice lake and its last drainage are just now actualized through a paper by R. BORELL and J. OFFERBERG (1955), presenting 43 extensive varve measures up the Middle Indal Valley. It is a very laudable work of thoroughly made observations and very clearly presented.

They found a mistake by G. DE GEER (1940) in his connecting the locality Storedan in Döviken with that of his standard profile Vikbäcken in Ragunda, seemingly having rendered DE GEER's chronology 84 years too long. So, instead of DE GEER's Zero year, BORELL and OFFERBERG chose for Zero a very mighty drainage varve in Storedan, which is No. 84 by De Geer.

Highly appreciating their observations, however, I must decidedly oppose their conclusions. To introduce an alteration of 84 years throughout the whole geochronology is an awkward thing, and should not be done if avoidable, so much the more as also the C 14 values render a confusion of various sorts of years, B. C. and B. P.

What has really happened? Nothing, except that out of fourhundred localities published in 1940 by DE GEER, two of them, Storedan and Singsån, are moved 84 years downwards, where their variations really match those of Vikbäcken and all the other profiles published in DE GEER's Geochronologia I. Vikbäcken remains intact, graphically tied on to the Bipartition year at Stugun by means of its uppermost drainage layer. It goes without saying that this is the real Zero varve, as it is immediately superposed by the post-glacial clay, which is dark brown, microvarved and highly biotical, contrary to the glacial clay, which consists of a light grey, mineralic silt, copiously forming macro- and mega-varves, all up to this year, at Storedan as well as at Vikbäcken.

When in 1909 DE GEER first went to the Indal Valley, he found a most remarkable succession of strongly differentiated varved clays and their belonging mega-varves, all accessible as far inland as unto the last ice-shed at Stugun, investigated by CALDENIUS (1924).

A strong calving in the deep Ragunda fjord early opened a scar in the ice front all unto Döviken, while in the highland west on to Stugun the fjord was 80 meters shallower, the calving ceased, and the ice retreat from Döviken (30 km) to Stugun was slow, reduced in part even to 10 meters pro year (Fig. 1, graph; E. H. DE GEER 1953, map, Fig. 7).

Certainly DE GEER made it a point to date the last drainage varve of the ice lake, but he also had a plan of a wider extent, that of dating the limit between the late Glacial and the Nordic Postglacial stages, if possible through a prominent varve as a starting point for a continuous chronology with minus-years for the late glacial and plus years for the postglacial part.

Accordingly he says, in 1911, like this: even a drainage varve may signify no more than an approximate limit to be used provisorically, if glacial varves and recession occur beyond such a megavarve. Evidently this uttrance is due to his finding, just above Storedan's varve — 84, a parade of thick current varves of glacial type (G. DE GEER 1911, p. 469).

Thus, from varve — 84 in the midst of a pronounced glacial series, postglacial plus-years are not entitled and should not be introduced, as the typical biotic clay, marking a postglacial climate, does not appear until beyond the real Zero varve, occurring at Vikbäcken and also identically at Storedan, superposed by the microvarved clay. There was in this fjord an absolute and momentaneous accordance in the afflux of meltwater ceasing and the entrance of mild, salt water with plankton.

Far from reversing DE GEER's chronology, the new results support and verify quite strictly his Zero year as starting point for the chronology and his varve count of glacial varves from the last drainage varve downwards, also by the series of Vikbäcken tied on to LIDÉN's long measures in Ångermanland and that of Indal locality, all well connected southwards. Contrary to their own conclusions, BORELL and OFFERBERG have done a far better work, namely by their correction to bring all the matching series of Ragunda into their right place, as tied on to the Zero of Vikbäcken. Thus an exchange of Zero year is not only superfluous but contrary to the basal facts here presented.

The great thickness of varve 84 at Storedan may depend on various conditions during the complex drainings. An important event it represents, but not the glacial-postglacial limit, nor the last draining and bipartition. As such Vikbäcken's Zero year remains, well supported by

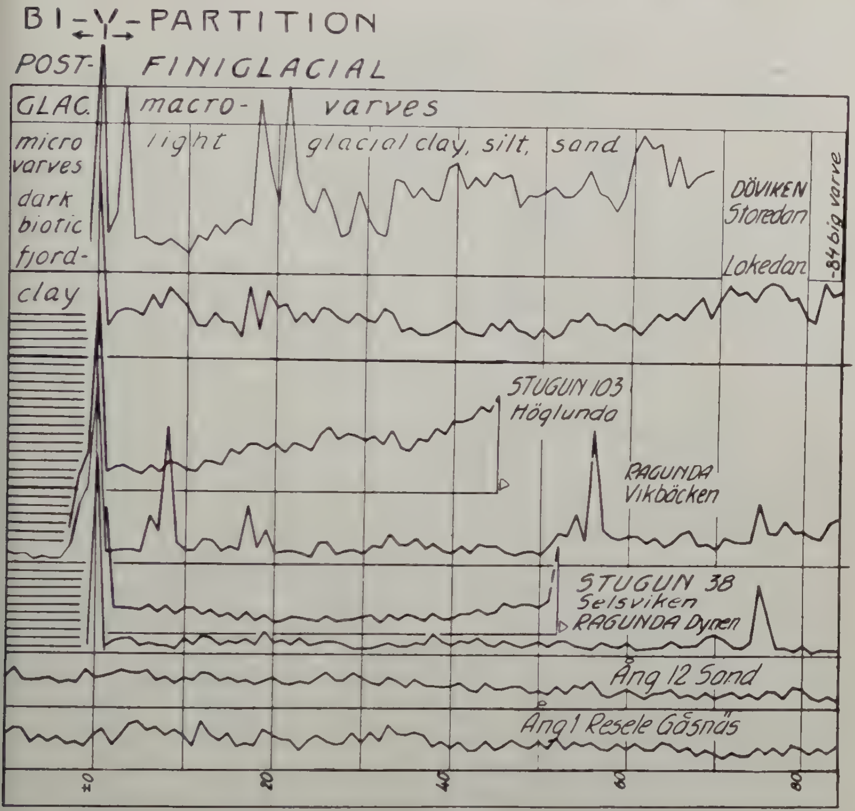


Fig. 1. Graph of ice retreat in the Stugun-Ragunda region, showing a) macro varves of thick and light-grey glacial silt, b) the last drainage varve (± 0), and c) directly superposing, dark, microvarved and biotical fjord clay, proving quiet, mild and salt water to have immediately entered the basin, thus as to De Geer, introducing, for this region, the temperate Post-Glacial epoch. At Stugun church the Zero megavarve is bottom varve: the FINIS AETATIS GLACIALIS. This is 84 years after the formation of the big drainage varve at Storedan in Döviken.

Caldenius' measure of the last recession at Stugun, an achievement *ære perennius*, in full harmony with De Geer.

Caldenius' varve localities at Stugun, CC 103 and 38, prove, by De Geer's very minute connexions, that the Indal and Vikbäcken top drainage varve is identic with the megavarve forming the bottom layer at Stugun stn (Fig. 1). These series not being entered by De Geer into his Geochronologia may depend on his finding them rather small among the long series of extensive range. As well as other small varve series from Ragunda they are published by the author in 1953, where also the drainage history of the Central Jemtland ice lake is described and illustrated in all its complexity (E. H. De Geer 1953).

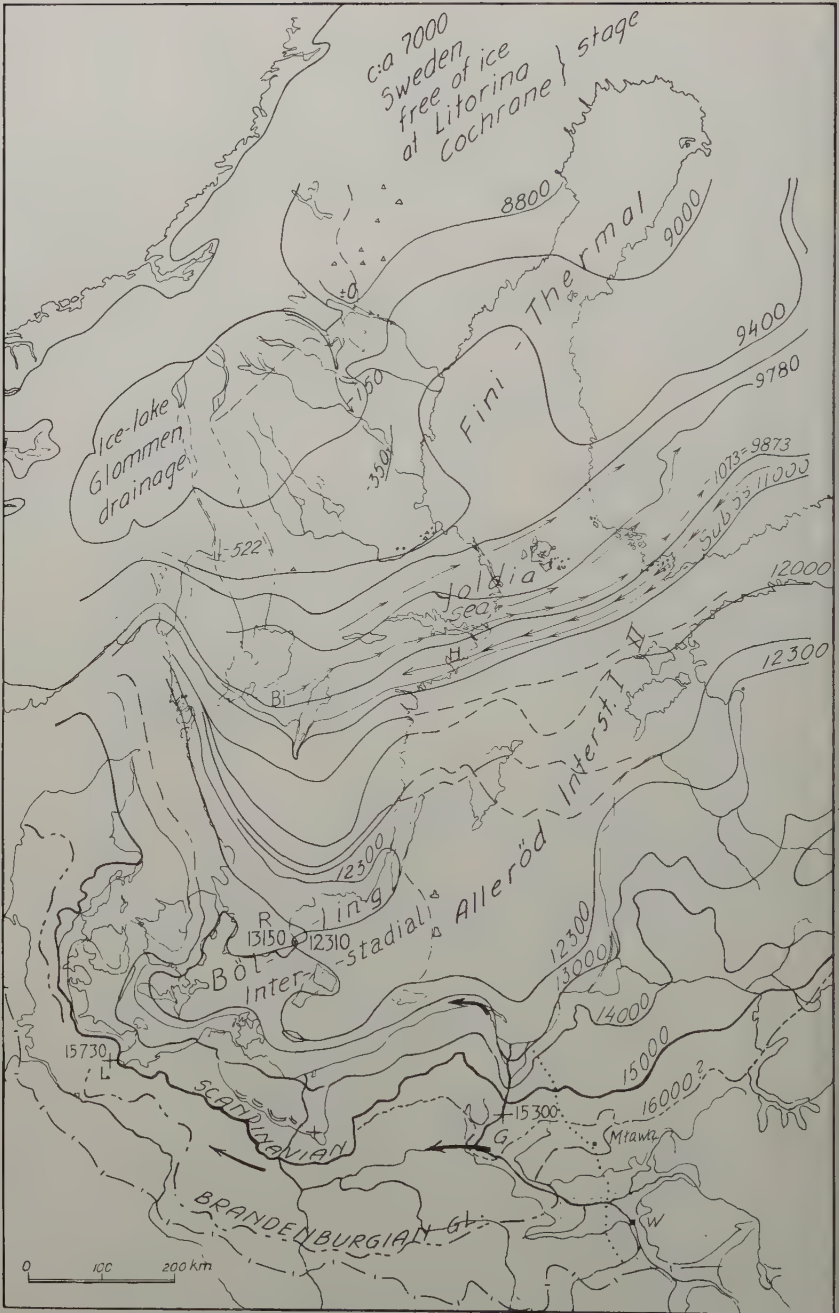


Fig. 2. The last ice recession of the Main Würm glaciation.

It is often remarked that continued research may bring along additional varve series, especially by the thorough-going deep-borings, thus causing breaks in De Geer's painstaking connexions and bringing his dates out of order.

This may seem bad enough, but if such series may occur in the well-controlled Swedish records, then also foreign varve series may be apt to show a similar elasticity, and between the breaks certainly the first-rate teleconnected constellations may remain well fixed points for most of the records. If, however, some years must be changed, so much greater reason to show De Geer the esteem of maintaining his original zero year.

2. The Bölling-Alleröd thermals and early South Baltic ice lakes. Dating of the Bölling stage

On G. De Geer's well-known map of the Scandinavian deglaciation there is a tight packing of millenniar ice-borders during the Daniglacial stage (E. H. De Geer 1954). From the year 13 300, however, by an

---

From S to N: The Daniglacial stage: tight rows of long-range endmoraines, denoting a slow recession on the whole; dated by varves and Radiocarbon C 14 to 15 730 B. P., or c:a 16 000—13 000 B. P. Interstadials here, geographically short, are in time about 1 000 years each. The Oldest Dryas zone, 1 a, marks the end of the Daniglacial perhaps by a quick but rather extensive readvance. As a whole the Daniglacial had a duration of about 3 000 years.

The Gotiglacial stage starts with a quicker ice retreat during the first more temperate Bölling interstadial, a), forming the Scania-Kalmar, S Baltic Bölling Sea, the Oslo Bölling Sea, and other extensions of the sea on the Norwegian West coast: dotted spaces.

The ice edge of 12 310 forming the Gothenburg moraine, passing Bleking and far extended by a readvance to Bornholm and to Rörum, R, on the SE coast of Scania. Here the beginning of the mild stage was marked by the first basal varves, in 13 150, deposited in a small ice lake, containing 840 annual varves and at the top cut off by the returning ice in 12 310, and superposed by the Gothenburg moraine just mentioned, even joined by the Older Dryas zone, 1 b. Marine inflow ended.

b) The succeeding Alleröd interstadial (12 310—11 000 B. P.): by rising temperature causing an abnormally great ice retreat. Perhaps this was augmented by the outflow of the great number of big, southerly rivers: the Oder, Wisla, Pregel, Niemen, later also Düna, together with all the melt-water from the East-Baltic regions, these compound outflows having to find their exit through the successive outlets to the Swedish West-coast, described by Erik Nilsson (1953), and finally taking part in the great Baltic drainage at Mt Billingen (Bi).

During the stage of the Goti-Finiglacial moraines (Salpausselkä I and II), influence of salt water at about 10 500 and 10 000 B. P. Close afterwards, in 9 873 the final drainage of the Baltic ice lake took place, soon opening the Närke Sund for the Yoldia Sea from the West, with the Yoldias concentrated in the Mälar depression. In the steadily milder Finiglacial stage (Sauramo's stage H), probably also the inflow of heavy salt water tended to lift up and break the thinned ice cover on the Botnic Bay, thus augmenting the calving.

During the Ancylus stage over to the Litorina the temperature was steadily rising, although in the mountain region small redepositions of moraine may denote minor and local oscillations.

Arrows at the figure ± 0 denote successive drainings through different valleys, preceding the final drainage of the Central Jemtland ice lake in De Geer's Zero year, when the ice at Stugun became bipartite.

ice-border close E of Langeland, an abruptly accelerated ice-retreat set in, typical for the whole Gotiglacial. Then was formed the extensive ice lake of Scania-Kalmar, bordered along the S Swedish coast by a continuation of the Gothenburg moraine, forming, in Bleking, a row of plurennial marginal deltas, dated by E. H. and G. De Geer to 12 300 B. P. (Fig. 2).

The initial pond of this ice-lake was on the SE corner of Scania, at Rörum, ice-border 13 150 B. P., where the sedimentation lasted 840 years, whereafter till was deposited on top of the varve packet. Conclusively this was in 12 300 B. P. and from an oscillation of the ice during the cold stage of the Gothenburg moraine. Also a row of small ice-lakes in Bornholm were dated to the same age, all by De Geer's varves.

In the fall of 1955 F. Firbas issued a paper with C 14 dates he just had obtained from Heidelberg for a series of deposits in the Lake of Gatersleben at Aschersleben in the eastern foreland of Harz. They were a mud of lime (Kalkmudder), containing ample remains of wood, mainly Salix but also Betula, a typical Bölling series. The base dated 13 300 and the top 12 300 B. P. this interval identical with the Danish Bölling thermal, splits the Dryas into Oldest Dryas, before, and Older Dryas, after this series, this latter equaling the Gothenburg moraine. Immediately succeeding that brief Older Dryas, lies the Older Alleröd, dated 12 300—12 000, and the Younger Alleröd, lasting until ca. 11 000 B. P. (10 830). Thereby the complex Gotiglacial thermal is dated through all of its stages. The Bölling stage begins some 1 200 years after the varve series of Prof. Vierke on the Pomeranian coast were deposited. Also this dating may settle the Dani-Gotiglacial limit to the beginning of the Bölling thermal stage.

3. Transport of chert by ice-bergs

During the oscillations mentioned the iceborder may have repeatedly struck against the high cliffs of Möen and Rügen, causing the well-known disturbances and breaking loose crowds of big boulders of cretaceous limestone with chert.

On one of Erik Nilsson's special maps of the first Scanian ice lakes (1953), the author plotted a varve-dated ice-lobe, protruding into Öresund just in early Bölling time, apt to soon open the Sund, as this thermal passed on. An open passage marked by salt-water deposits, found by E. Nilsson at V. Vram in NE Scania, is varve-dated to 12 700 B. P., thus in the midst of the Bölling thermal (Fig. 3).

Through the newly opened Öresund channel the icebergs could slip

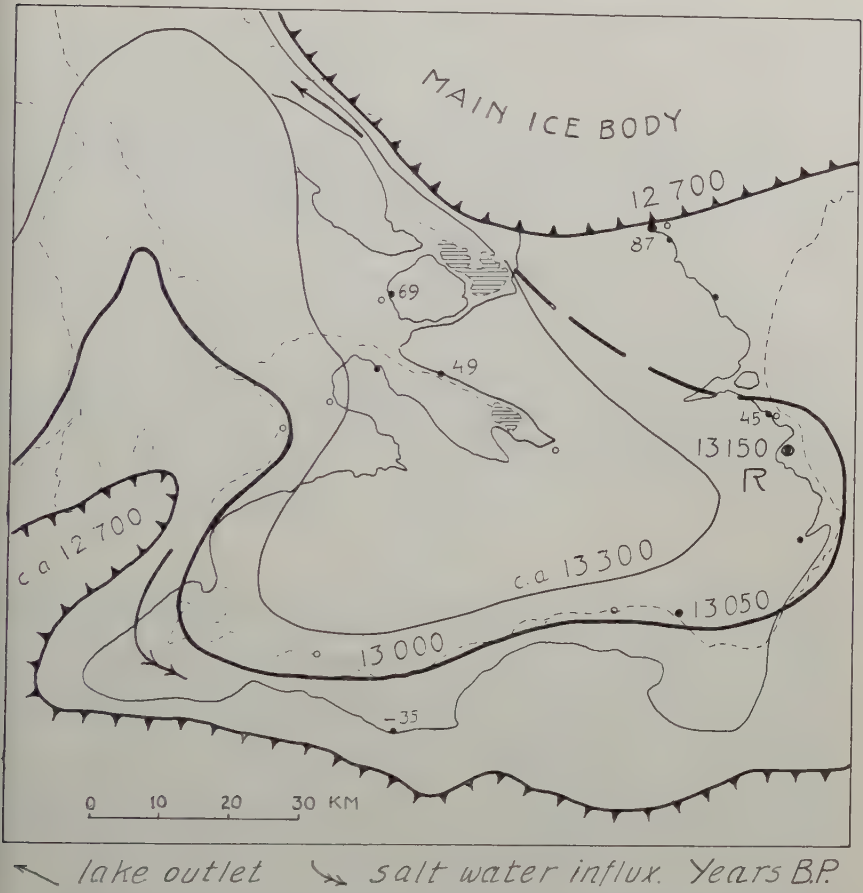


Fig. 3. Scanian ice-dammed lakes in early Bölling time and marine influx.

On basis of E. Nilsson's (1953, Fig. 5) sketch map of the ice-dammed lakes E and W in Scania, where he explained Öresund as barred by a damming amount of dead-ice, the author here ventures, according to bottom-varve measures at Öresund, to depict an extensive ice lobe, in the year 13 300 still reaching as far as the N end of Söderåsen ridge and thus damming up the westerly lakes. Even on the island Ven varve dates are obtained through the early works of E. Antevs. R = Rörum.

By this time the landice ceased to bar the Pomeranian coast, and the continental rivers, Wisla and Oder, must have run out westwards along the ice border. Thus there was much freshwater counteracting the entrance of salt water in Öresund, and E. Nilsson does not report salt water until, at W Vram in NE Scania, in the year 12 700 B. P. Then, however, the still expanding ice lake certainly was instead a bay of the sea — and may have been so from the beginning, though mixed with fresh water — to be called the South Baltic Bölling Sea.

out into the open sea of Kattegat and drift along the Swedish west coast, dropping their load, as witnessed by the erratics of flint there observed (Wiman 1912). This ice-free space can be mapped, as a minimum, by the trend of the Gothenburg moraine, all unto Bokenäs W of Uddevalla, where it is varve-dated by the author. It is most probable that the climatic spell had freed the land from ice way into the Norwegian fjord valleys, as chert erratics in great number are found especially in the region of Oslo, E to Lilleström, and SW to Skien, as also in other fjords and all up to the Andö island near the 70th parallell (cf. Holtedahl 1953 and Rosendahl 1942). Chert, however, also may be derived from the Cretaceous layers in Kattegat (Wiman 1912).

In Alleröd time perhaps even still greater spaces were laid bare in the Norwegian fjords; but then the Baltic ice was receding across Gotland and its border could not hit any of the cretaceous cliffs; also the land elevation may have begun to shut the straits from the sea.

On the whole, the dating of the Bölling thermal has given a hitherto unsurpassed precision to various problems and opened new perspectives in their solution.

Literature

Caldenius, C., 1924. Ragundasjöns stratigrafi och geokronologi. — SGU, Ser. Ca, No. 12.
— 1956. Yttrande angående tappningsvarv i Ragunda i anl. av ett föredrag av E. H. De Geer. GFF 78, p. 351—352.
Borell, R. och Offerberg, J., 1955. Geokronologiska undersökningar inom Indalsälvens dalgång mellan Bergeforsen och Ragunda. — SGU, Ser. Ca, No. 31.
De Geer, E. H., 1953. La varve Zéro et les drainages successifs finaux du grand lac de barrage Central du Jämtland. — Cahiers Géologiques de Thoiry, 20.
— 1954. Skandinaviens geokronologi. — GFF 76.
— 1956 a. Planetary Geochronology. — V^{e} Congrès Internat. de Chronométrie, Paris 1954. Actes 1956., p. 455—488.
— 1956 b. Nydatering av svenska issjöar samt Alleröd-Bölling termalerna. — GFF 78, p. 351, 352. Ref. and discussion.
De Geer, G., 1896. Skandinaviens geografiska utveckling efter istiden. — SGU, Ser. C, 161 a, b.
— 1909. Guide de l'excursion au Spitsberg. — 11e Congrès Géologique international. Stockholm 1910.
— 1911. Om den senkvartära tidens indelning. — GFF 33.
— 1912. Geochronology of the last 12 000 years. — Ibid., Compte rendu, I, p. 171.
— 1914. Om naturhistoriska kartor över den Baltiska dalen. — Pop. Nat. Revy, Vol. 4. Stockholm.
— 1940. Geochronologia Suecica. Principles. — K. Sv. Vet. Akad. Bd 18, 6.
Firbas, F., 1955. Das wahrscheinliche Alter der späteiszeitlichen »Bölling»-Klimaschwankung. Die Naturwissenschaften 42, 18, S. 509.
Holtedahl, O., 1953. Norges Geologi, II., s. 721, Drivistransportert materiale i kystströkene. Oslo.
Nilsson, Erik, 1953. Om södra Sveriges senkvartära historia. — GFF 75.
Rosendahl, H., 1942. Glasialfossil of kvartærgeografi. — NGT 22.
Wiman, C., 1912. Om Flintan i Bohuslän. — GFF 34.

Bildungsfolge und Koexistenzbeziehungen der Hauptgemengteile des Maggia-Lappens, einer penninischen Gneisserie des NW Tessin, Schweiz

Von

A. W. Günthert, Basel

Abstract: The Maggia-Lappen is a medium-grade Pennidic series of polymetamorphic gneisses, schists, and amphibolites, with some aplitic and pegmatitic veins. The sequence of Alpine recrystallization of the chief constituents of the series is the following: Accessories — common hornblende — zoisite — clinozoisite + pistacite — mica — potash feldspar + quartz — albite + quartz — oligoclase + quartz — andesine-labrador + quartz — quartz. This sequence is characteristic of medium-grade metamorphic rocks of sedimentary and metasomatic origin which have never been subjected to juvenile-magmatic conditions.

Der Kanton Tessin liegt südlich des Gotthard-Massivs und wird von diesem Massiv bis nach Süden zur sogenannten Jorio-Linie[1] aus Wurzelgewölben, penninischen Gneisserien (zum Teil von Deckencharakter) und von bündnerschieferreichen Mulden aufgebaut. Die vorliegende Arbeit nimmt Bezug auf den Maggia-Lappen[2], eine mächtige Gneisserie des nördlichen Tessiner Penninikums. Der alpin syn- und posttektonisch völlig umkristallisierte, polymetamorphe Maggia-Lappen baut sich aus einem granitischen und einem quarzdioritischen Kern auf, die beide konzentrisch-schalig umhüllt werden von einer Serie von Paragesteinen; es sind dies Alkalifeldspat-, Konglomerat-, Augen-, Plagioklas-, Bänder- und Hornblendegneise, Amphibolite, Glimmerschiefer, Aplite und Pegmatite.

Näheres über Tektonik, Petrographie und Petrogenese des Maggia-Lappens findet sich in Preiswerk (1918), Hasler (1949), Buchmann (1953) und Günthert (1954, 1956).

Im folgenden treten wir auf die Bildungsfolge der Hauptgemengteile der Gesteine des Maggia-Lappens ein, weil sie typisch erscheint für metamorphe Gesteine im allgemeinen und für mesometamorphe im besonderen.

---

[1] Die Jorio-Linie trennt das Penninikum im Norden vom insubrischen Gebirge im Süden und verläuft im Tessin (von Ost nach West) vom Jorio-Pass über Locarno ins Centovalli.

[2] Der Maggia-Lappen erhielt seinen Namen von Preiswerk (1918), der ihn als einen Anhang (»Lappen») der oberpenninischen Bernhard-Decke auffasste und mit der Bernhard-Decke im Wallis (Argand, 1916, 1934) verbunden dachte. Dieser tektonische Zusammenhang existiert jedoch nicht.

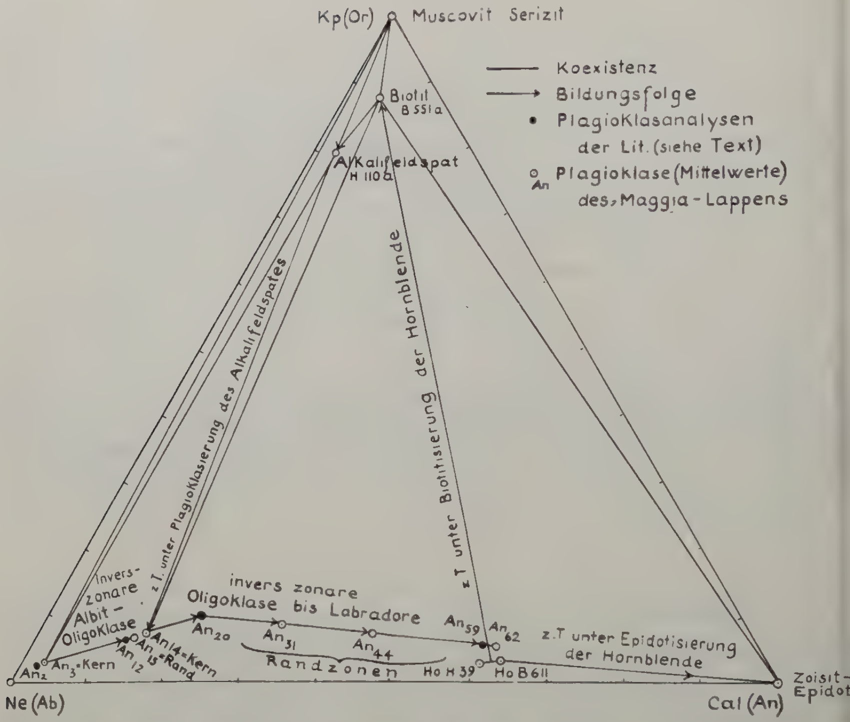

Kp(Or)
Muscovit Serizit
Koexistenz
Bildungsfolge
Plagioklasanalysen der Lit. (siehe Text)
Plagioklase (Mittelwerte) des Maggia-Lappens
An
Biotit B 551 a
Alkalifeldspat H 110 a
z. T. unter Plagioklasierung des Alkalifeldspates
z. T. unter Biotitisierung der Hornblende
Invers-zonare Albit-Oligoklase
invers zonare Oligoklase bis Labradore
An₂
An₃-Kern
An₁₂
An₁₅-Rand
An₁₄-Kern
An₂₀
An₃₁
An₄₄
Randzonen
An₅₉
An₆₂
Ho H 39
Ho B 611
z. T unter Epidotisierung der Hornblende
Ne (Ab)
Cal (An)
Zoisit-Epidot

Fig. 1. Koexistenzbeziehungen und Bildungsfolge der Hauptgemengteile des Maggia-Lappens. Feldspatdreieck.

Der typomorphe Mineralbestand der Gesteine des Maggia-Lappens lautet: Quarz, Alkalifeldspäte, Plagioklas, Zoisit-Epidot, Biotit, Muscovit, Serizit und Hornblende. Hiervon sind chemisch analysiert worden eine Hornblende (Ho B 611) und ein Biotit (B 551 a) von Buchmann (1953, S. 41, 64), wie auch eine Hornblende (Ho H 39) und ein Alkalifeldspat (H 110 a) von Hasler (1949, S. 98, 109, 128). Diese Mineralarten treten in derselben Ausbildung in vielen Gesteinen des Maggia-Lappens auf, weshalb wir diese vier Mineralanalysen als für weite Bereiche des Maggia-Lappens gültig verwenden können. Sie wurden in das Feldspatdreieck (Fig. 1) projiziert, welches auf den von Niggli (1936) vorgeschlagenen Basismolekülen beruht. Als Projektionsorte für Muscovit und Zoisit-Epidot ergeben sich die Kp(Or)-, respektive die Cal(An)-Ecke des Feldspatdreiecks. Der Plagioklas wurde bestimmt nach der Fedoroffmethode (Reinhard, 1931), wie auch nach der Zonenmethode [Rittmann, 1929, und korrigierte Kurve ⊥ (010) nach persönlicher Mitteilung Rittmans]. Diese optischen Plagioklasbestimmungen erfassen den Or-Gehalt nicht. Deshalb zogen wir folgende chemische Analysen von Plagioklas zur Konstruktion ihrer Projektionsorte zu Hilfe:

An_2	Albit (QUERVAIN und FRIEDLÄNDER, 1942, S. 63, No. 22),
An_{12}	Plagioklas (TRÖGER, 1935, S. 346, No. 70),
An_{20}	Mittelwert von zwei Oligoklasanalysen aus TRÖGER (1935, S. 346) und NIGGLI (1930, S. 6),
An_{59}	Mittelwert von zwei Labradoranalysen aus TRÖGER (op cit.) und NIGGLI (op. cit.).

Die Zusammensetzung dieser Plagioklase mag z. T. etwas verschieden sein von der der vorliegenden Gesteinsplagioklase. Es sind jedoch keine wesentlichen Unterschiede zu erwarten — insbesondere nicht in Bezug auf die Ab-An-Linie —, und sie ändern am Sinn der Koexistenzbeziehungen und an der Bildungsfolge nichts.

Zwischen die Projektionsorte dieser der Literatur entnommenen Plagioklase wurden folgende Mittelwerte der von uns optisch untersuchten, invers zonar gebauten Plagioklase[1] projiziert:

	Anorthitgehalt	
	Kern	Rand
I. Albit-Oligoklasgruppe in Muscovitschiefern und in Muscovit-Alkalifeldspatgneisen vertreten	3	13—14
II. Plagioklase übriger hornblendefreier Gesteine	13	31
III. Plagioklase hornblendeführender Gesteine	16	62
Plagioklase der Gruppen II. und III. (im Mittel)	14	44

Folgende Hauptgemengteile koexistieren:

Albit-Oligoklas + Muscovit, Serizit + Quarz
Albit-Oligoklas + Alkalifeldspat + Muscovit, Serizit + Quarz
Albit-Oligoklas + Alkalifeldspat + Muscovit, Serizit + Biotit + Quarz
Oligoklas + Biotit + Quarz
Oligoklas-Andesin + Alkalifeldspat + Muscovit, Serizit + Quarz
Oligoklas-Andesin + Alkalifeldspat + Muscovit, Serizit + Biotit + Quarz
Oligoklas-Andesin + Alkalifeldspat + Biotit + Quarz
Oligoklas-Andesin + Biotit + Quarz
Oligoklas-Andesin + Biotit + Muscovit, Serizit + Quarz
Oligoklas-Andesin + Biotit + Klinozoisit + Quarz
Oligoklas bis Labrador + Hornblende + Klinozoisit + Biotit + Quarz
Oligoklas bis Bytownit-Anorthit + Hornblende + Biotit + Quarz
Oligoklas bis Bytownit-Anorthit + Hornblende + Quarz

Die Pfeile der Fig. 1 deuten die Bildungsfolge an. Ein scharfer Hiatus zwischen der Bildung der einzelnen Mineralphasen ist jedoch die Ausnahme, in der Regel überdeckt sich ihre Bildung anfangs so, dass man auch von einer Koexistenzfolge reden kann.

---

[1] Unter den Plagioklasen überwiegen invers zonar gebaute mengenmässig. Unzonare Plagioklase treten untergeordnet auf, normal zonar gebaute kommen selten vor. Die Basizitäten der unzonaren und der normal zonaren Typen bewegen sich innerhalb der Variationsbreiten des Anorthitgehaltes der invers zonaren.

Diese lautet auf Grund der von Hasler (1949, Fig. 9, 10) und Günthert (1954 a, S. 69, 76, 79 f., 91 f., 105; 1954 b) angeführten Beobachtungen schematisch folgendermassen: Akzessorien — Hornblende — — Zoisit + Klinozoisit + Epidot — Glimmer — K-reiche Alkalifeldspäte + Quarz — Albit + Quarz — Oligoklas + Quarz — Andesin-Labrador + Quarz — Quarz.

Die Gründe, die zur Aufstellung dieser Folge führten, seien kurz zusammengefasst:

Die frischen Feldspäte korrodieren und umschliessen die dunklen Gemengteile (der umgekehrte Fall tritt sehr selten auf). Die Feldspäte sind also in der Regel nach den dunklen Gemengteilen entstanden. Unter den dunklen Gemengteilen lassen sich in einigen Fällen Relikte unvollständiger Umwandlungen von Hornblende in Biotit und von Hornblende in Zoisit-Epidot finden; sie belegen die frühe Bildung der Hornblende vor Biotit und Zoisit-Epidot. In anderen Fällen jedoch scheinen alle dunklen Gemengteile mehr oder weniger gleichzeitig entstanden zu sein, insbesondere Biotit und Zoisit-Epidot.

Unter den Feldspäten begann der K-reiche Alkalifeldspat sich als Erster zu bilden. Er wird meist korrodiert von Plagioklas, frisst aber selbst den Plagioklas selten an. Häufig umschliesst der Plagioklas den Alkalifeldspat, während dieser den Plagioklas nur ausnahmsweise (z. B. in Matorello-Gneis) einschliesst. Nie schliesst jedoch der Plagioklas allen vorhandenen Alkalifeldspat ein, sondern korrodiert ihn zum Teil nur oder lässt ihn zum Teil intakt. Die Oligoklasbildung muss also während der Endkristallisation des Alkalifeldspates eingesetzt und nach ihr fortgedauert haben. Die Anlagerung der invers zonaren Hüllen um den Oligoklaskern ist nach der Bildung des Alkalifeldspates und z. T. vor dessen Plagioklasierung, wie auch vor der damit verknüpften Antiperthitbildung erfolgt. Dies geht aus folgendem hervor:

Sowohl unzonarer Oligoklas, als auch invers zonarer Oligoklas-Andesin dringen (z. T. unter Myrmekitbildung) in den Alkalifeldspat ein. Schreitet dieser Prozess genügend weit vor, so geht die Korrosion über in Verdrängung unter metasomatischer Antiperthitbildung. Der Myrmekit ist älter als der Antiperthit, jedoch jünger als die inverse Zonarstruktur der Plagioklase. Metasomatischer Antiperthit findet sich sowohl im Kern, als auch in den Randzonen des invers zonaren Plagioklaswirtes. Die Bildung von invers zonarem Plagioklas hat angedauert bis nach erfolgter vollständiger Plagioklasierung des Alkalifeldspates, dafür sprechen Relikte von Alkalifeldspat im Kern invers zonar gebauter Plagioklase (insbesondere in plagioklasreichen Gneisen). Die Bildung des Quarzes setzte ein vor der des Alkalifeldspates und dauerte bis nach der Ausscheidung des Plagioklases. Beide Feldspatarten sind reich an Quarztränen (z. T. Siebstruktur) und werden durchwegs von Quarz korrodiert.

Die geschilderte Koexistenzfolge verläuft wesentlich andersartig als die von BOWEN u. a. für magmatische Gesteine verwandter Chemismen erwiesene normalmagmatische Kristallisationsfolge (vgl. auch NIGGLI, 1941, S. 189 und WENK, 1945, S. 143). In Plagioklas führenden Gesteinen verläuft sie im Feldspatdreieck (vgl. Fig. 1) vom Koexistenzpaar Hornblende-Biotit nach rechts zum Paar Zoisit-Epidot + Biotit und setzt sich fort von Biotit + Oligoklas zu Andesin-Labrador. In glimmer- und alkalifeldspatreichen Gesteinen des Maggia-Lappens liegen die Koexistenzgeraden Or : Ab ebenfalls wesentlich anders als in Eruptivgesteinen (NIGGLI, 1941, S. 187 f.), sie liegen nämlich anfangs ± parallel der Seite Or-Ab und folgen sich in Richtung auf die An-Ecke zu, wobei sie steiler werden. Alkalifeldspat koexistiert in den vorliegenden Gesteinen mit Plagioklas bis zu 44 An, nicht aber mit basischeren Gliedern der Plagioklasreihe. Die Koexistenz des Alkalifeldspates H 110 a (von der Zusammensetzung Or : Ab = 81 : 19) eines Zweiglimmer-Alkalifeldspat-Plagioklasgneises, mit einem Plagioklas von An_{16} ist zwar nach NIGGLI (1941, S. 189) charakteristisch für Eruptivgesteine von pazifischem Chemismus, dennoch liegen hier keine magmatischen Verhältnisse vor. Wie schon lange bekannt, gibt es auch Sedimente von diesem Chemismus (vgl. Zusammenstellung von GÜNTHERT, 1953 a), nicht nur Orthometamorphite. Die Feststellung ist somit dahin zu präzisieren, dass die vorliegenden Koexistenzbeziehungen als typisch für Mesometamorphite von pazifischem Chemismus zu gelten haben, gleichgültig welcher Herkunft. Das Gesamtbild der Koexistenzbeziehungen der Gesteine des Maggia-Lappens aber ist wesentlich verschieden von dem chemisch verwandter magmatischer Gesteine. Die vorliegenden Gneise und Schiefer waren nie geschmolzen, wie die eingebetteten Konglomeratgneise u. a. m. erweisen. Vielmehr handelt es sich hier um mesometamorphe Umprägung einer polymetamorphen Gesteinsserie bei Gegenwart von H_2O, wobei natürlich andere p-t-x-Bedingungen geherrscht haben als in trockenen Alkali-Alumo-Silikatmagmen.

Die Koexistenz Albit + Alkalifeldspat findet sich sowohl in Gneisen und aplitischen Gesteinen des Maggia-Lappens, als auch in Eruptivgesteinen anderer Provinzen. In beiden Fällen handelt es sich um Mineralkombinationen entstanden in wässerigen Alkali-Alumo-Silikatlösungen, von z. T. verschiedenen, z. T. verwandten Temperaturbereichen. Dass jedoch in Gesteinen des Maggia-Lappens diese Koexistenz von metamorpher Entstehung ist, geht u. a. hervor aus ihrer Verwandtschaft mit alpinen Kluftparagenesen: Adular + Albit (NIGGLI, 1940, S. 573—574; PARKER, 1940, S. 236 f., Fundortgruppen 10 e, 10 g), bzw. (und insbesondere) saure Plagioklase + Kalkalumosilikate (GÜNTHERT, 1953 b), ferner aus dem Feldbefund, den Texturen, Strukturen, dem Pauschalchemismus der Gesteine und der Gesteinsserien. Die beschriebene mesometamorphe Koexistenzfolge herrscht in der Regel auch in jenen Gesteinen des Maggia-Lappens, die eine Stoffzufuhr erlitten haben, so z. B. auch in Apliten, die ins Nebengestein eindringen; dabei korrodiert Plagioklas perthitische Alkalifeldspäte, wie sie nur in aplitischen Gesteinen und dem von ihnen durchtränkten Nebengestein vorkommen.

Für die Durchsicht des Manuskriptes sei auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. E. Wenk, Direktor des Mineralogisch-petrographischen Institutes der Universität Basel, der beste Dank ausgesprochen.

Literaturverzeichnis

ARGAND, E., 1916: Sur l'arc des Alpes occidentales. Ecl. geol. Helvet. Vol. 14, S. 145.
— 1934: La zone pennique. Fasc. III des Geol. Führers der Schweiz. Basel.
BUCHMANN, H., 1953: Geologie und Petrographie des oberen Maggia-Tales zwischen Fusio und Broglio im NW-Tessin. Diss. Basel.
GÜNTHERT, A., 1953 a: Über Sedimente und Paragesteine von pazifischem Eruptivgesteinschemismus. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 33, S. 144.
— 1953 b: Plagioklase aus Klüften der Tessiner Alpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 33, S. 161.
— 1954 a: Beiträge zur Petrographie und Geologie des Maggia-Lappens (NW-Tessin). I. Petrographie des oberen Val Peccia. II. Tektogenese des Maggia-Lappens. Diss. Basel. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 34, S. 1.
— 1954 b: Über Klinozoisit-Epidotbildung im Penninikum des NW-Tessins. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 34, S. 186.
— 1956: Über das alpine Alter der penninischen Deckengesteine des W Tessins und der angrenzenden Simplon-Region. Geol. Rundschau 45, S. 194.
HASLER, P., 1949: Geologie und Petrographie der Sambuco-Massari-Gebirgsgruppe zwischen der oberen Valle Leventina und Valle Maggia im nördlichen Tessin. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 29, S. 50. Diss. Basel.
NIGGLI, P., DE QUERVAIN, F. und WINTERHALTER, R. U., 1930: Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. z. Geol. der Schweiz, Geotechn. Ser. 14. Liefg.
NIGGLI, P., 1936: Über Molekularnormen zur Gesteinsberechnung. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 16, S. 295.
NIGGLI, P., KOENIGSBERGER, J. und PARKER, R. L., 1940: Die Mineralien der Schweizeralpen. Bd. I und II. Basel.
NIGGLI, P., 1941: Das Problem der Koexistenz der Feldspäte in den Eruptivgesteinen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 21, S. 183.
PARKER, R. L., 1940: siehe NIGGLI, P., u. a., 1940.
PREISWERK, H., 1918: Geologische Beschreibung der Lepontinischen Alpen. II. Teil. Oberes Tessin- und Maggiagebiet. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. 26. Liefg.
DE QUERVAIN, F. und FRIEDLAENDER, C., 1942: 1. Nachtrag zu Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. z. Geol. der Schweiz, Geotechn. Ser. 20. Liefg.
REINHARD, M., 1931: Universaldrehtischmethoden. Basel.
RITTMANN, A., 1929: Die Zonenmethode. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 9, S. 1.
TRÖGER, E., 1935: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin.
WENK, E., 1945: Die Koexistenzbeziehungen zwischen Hornblende, Biotit und Feldspäten und die Bedeutung der oszillierenden Zonarstruktur. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 25, S. 141.

Mötet den 10 januari 1957

Närvarande 80 personer.

Ordföranden, hr Brotzen, öppnade mötet och meddelade, att till nya ledamöter av Föreningen har styrelsen invalt

Dr phil. Martin Kirchmayer, Wien, och fil. dr Paavo Haapala, Helsingfors, föreslagna av hr Meier

samt fil. kand. Knut-Fredrik Alm och fil. stud. Kurt Boström, Stockholm, föreslagna av hr Gabrielsson.

Till Föreningen har inkommit meddelande om att Geologische Gesellschaft, Karl-Marx-Stadt, har geologmöte den 26—29 april innevarande år med tema »Geologie und Lagerstätten des Harzes und Harzvorlandes». Närmare upplysningar lämnas av sekreteraren.

Ordet överlämnades därefter till hr Dahlman, som höll ett med kartor och ljusbilder illustrerat föredrag med titeln: Den uranförande alunskiffern.

I anledning av föredraget yttrade sig hrr Asklund, Bergkvist, Gavelin, Hagerman, Hedström, Rynninger, Ölander, Ordföranden och Föredragshållaren. En uppsats i ämnet kommer att senare publiceras i Förhandlingarna.

Vid mötet utdelades nr 487 av Förhandlingarna.

Mötet den 7 februari 1957

Närvarande 50 personer.

Ordföranden, hr Brotzen, öppnade mötet och meddelade:

Den 20 januari avled i Örebro förre läroverksadjunkten Edward Broddeson. Han var född 1880 i Oderljunga, Kristianstads län och var 1913—45 adjunkt i biologi och geografi vid Karolinska läroverket i Örebro. Sedan 1914 verkade han också som lärare vid Örebro handelsgymnasium. Han var ledamot av vår Förening åren 1924—53.

Jag lyser frid över den bortgångnes minne.

Hr Ragnar Sandegren har uppvaktats med telegram på sin 70-års dag den 15 januari. Tackskrivelse har ingått.

Statens naturvetenskapliga forskningsråd har beviljat Föreningen ett anslag med kronor 21 000.

Cirkulär nr 1 med inbjudan till Det Nordiska Geologmötet 1958 föreligger nu i korrektur och kommer inom kort att utsändas.

Till nya medlemmar i Föreningen har styrelsen invalt ingenjör Bertil Bolander, Svenska Diamantbergborrnings AB, Stockholm och dr phil. Hans Helfrich, Bolidens Gruv AB, Boliden, föreslagna av hr O. Meier, fil. stud. Bengt Ingre, Stockholm, föreslagen av hr B. Dahlman; fil. stud. Gert Knutsson, Lund, föreslagen av hr T. Nilsson samt bergsingenjör Waldemar Zeidler, Närkes Kvarntorp, ingenjör Kjell Qvarnström, Närkes Kvarntorp och ingenjör Evert Garping, föreslagna av hrr B. Dahlman och J. Eklund.

Därefter vände sig hr ordf. till Föreningens nyss avgångne redaktör hr Sandgren och uttalade i varma ordalag Föreningens tacksamhet för det myckna och ofta betungande arbete som hr Sandegren under 17 år nedlagt vid utgivandet av Geologiska Föreningens Förhandlingar och överlämnade därefter Föreningens silverplakett.

Ordet lämnades sedan till hr E. Jarvik, Riksmusei Paleozoologiska Avdelning, som höll ett med intruktiva ljusbilder beledsagat föredrag med titeln De fyrfota djurens uppkomst.

I anledning av föredraget yttrade sig hr ordf., frkn Britta Lundblad, hr P. Thorslund och föredragshållaren.

Notis

Raukar i kalkblandad lerskiffer vid Storsjön, Jämtland

Av

H. Hinricsson

I den kalkblandade kambrosiluriska lerskiffer med tunna, tätt liggande bankar av oren kalksten, som mellan Marieby och Sandviken anstår vid stranden av Brunfloviken i Storsjön, Jämtland, iakttog förf. i samband med det låga vattenståndet under torrsommaren 1955 ett flertal vackra raukar, såväl fastsittande som, framför allt, sådana, vilka lossats och förskjutits från underlaget genom isskruvning. Raukhöjder på upp till 3 m förekomma, ehuru huvudparten av raukarna visa lägre höjd. Vid återbesök sommaren 1956 togs av Docent P. H. Lundegårdh bilderna fig. 1. Vattenståndet var dock vid detta tillfälle normalt och de orubbade, relativt låga raukarna vattentäckta.

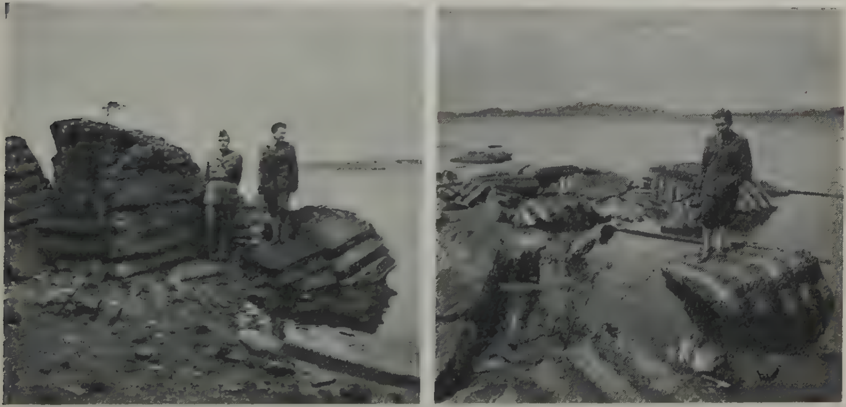


Fig. 1. Raukar vid Brunfloviken, Jämtland.

Anmälanden och kritiker

Veiledning ved løsning av fundamenteringsoppgaver, av N. Janbu, L. Bjerrum og B. Kjærnsli. Norges Geotekniske Institutt, Publikasjon nr 16. Oslo 1956. 93 sidor, 27 figurer. Pris 15 N. kr.

Ehuru ovan angivna publikation huvudsakligen är avsedd att vara en lärobok och rådgivare för byggnadstekniker, har vissa partier av den allmängiltigt geologiskt intresse. Då den vidare kan vara till stor hjälp för kvartärgeologer med speciell inriktning på de geotekniska problemen, har det ansetts berättigat, att genom en recension i Förhandlingarna till denna krets sprida vetskap om publikationen.

Då geotekniska normer i allmänhet anses olämpliga, enär ett okritiskt begagnande av dylika av en icke fackman kan leda till synnerligen riskabla konsekvenser, har hittills anvisningar och normer inom det geotekniska området varit relativt tunnsådda och knapphändiga. Här i Sverige har dessutom steg i den riktningen, t. ex. en utgåva av råd och anvisningar för pålarbeten, från flera håll rönt viss kritik, för att den vid bokstavlig efterföljd av ej initierade kan leda till icke avsedda konsekvenser.

I sin publikation nr 16 har Norges Geotekniske Institutt i förordet framhållit denna synpunkt, och i stället för att utarbeta önskade normer sammanställt en vägledning omfattande det teoretiska underlaget, tillämpliga beräkningsmetoder och praktiska erfarenheter för i stort sett alla de geotekniska problem, som man kan råka ut för.

I sig själv innebär de beräkningsmetoder och formler som redovisats i huvudsak icke något nytt. Det förtjänstfulla i publikationen ligger dels i att all teori inom facket, som tillämpas vid normal byggnadsverksamhet, framlagts på ett föredömligt, välskrivet, enkelt och överskådligt sätt, dels i att formlerna belysts med beräkningsexempel samt kompletterats med allmänt hållna praktiska råd och vägledande anvisningar.

I det inledande kapitlet behandlas jordarternas mekanik med hänseende dels till stabilitets- och dels till deformationsproblemen. Här deklareras ärligt att ännu i dag våra kunskaper om deformationsmekaniken är relativt begränsad. Det är också inom detta område som ett alltmer intensifierat forskningsarbete insättes delvis parallellt med reologien. Författarnas idé att omgruppera jordarterna med hänsyn till permeabiliteten verkar främmande för en svensk, liksom det nyinförda begreppet silt, omfattande de både i Norge och i Sverige tidigare vedertagna grupperna finmo, grov- och finmjäla. Mera härom längre fram.

I de följande sex kapitlen behandlas stabilitetsberäkningar för bankar, skärningar och slänter, grundläggning på plattor och pålar, jordtrycksberäkningar, schakter inom sponter samt förankrade sponter. Framställningen är koncentrerad, men oaktat detta torde det icke bereda en tekniskt skolad lekman någon svårighet att kunna fatta problemställningarna. Några detaljer må dock närmare belysas.

Genomgående tycks författarna, kanske omedvetet, propagera för $c\varphi$-analysens utvidgning inom finmjäla- och lerområdet, där tidigare s_u-analysen varit allenarådande. Mot $c\varphi$-analysens teoretiskt oantastliga allmängiltighet finns ingen invändning, men det borde ha framhållits, att den av ekonomiska skäl blott kommer att kunna användas där speciella orsaker så kräver, emedan triaxialförsök är relativt dyrbara och tidsödande. Fortfarande torde nog c_u-analysen vid mindre omfattande arbeten vara tillräcklig, även där $c\varphi$-analysen rekommenderas trots metodens i dessa fall påvisade brister, enär åtminstone den erfarne geoteknikern torde nå tillförlitliga värden på förhandenvarande säkerheter. Vidare ifrågasättes om icke författarna varit väl snabba att allmängiltigt infoga de från triaxialförsöken erhållna värdena i Coulombs formel. Bevisligen har $c\varphi$-analysen i några fall i norska grova leror givit goda resultat, där s_u-analysen slagit fel, men kanske värdena i andra typer av leror kräver vissa korrektionsfaktorer, och måhända till på köpet s_u-analysen ger bättre överensstämmelser med de verkliga förhållandena.

Beträffande det avsnitt av pålkapitlet där säkerhetsproblemet behandlas, framhålles att vid noggranna geotekniska undersökningar kan säkerhetsfaktorn sänkas till förslagsvis 2 och i vissa speciella fall (norska marina leror) till 1,75, vilket visar en glädjande premiering av kvalitetsundersökningar. I övrigt överskrider de ur dessa rekommendationer beräknade pållasterna i allmänhet de i svenska statliga verk tillämpade, ja även de av SJ:s geotekniska avdelning rekommenderade.

För schakt inom sponter har av Terzaghi och Peck för friktionsjordar angivna antagande av jordtrycksfördelningen föreslagits till tillämpning för leror. Anmälaren förutsätter att erfarenheten i Norge verkligen har visat att detta passat för de jordarter där praktiska försök utförts, men vill rekommendera samråd med geotekniker och studium av litteraturen t. ex. Peck, Skempton, Terzaghi och Tschebotarioff.

I kapitel 8 behandlas slutligen några geotekniska definitioner och jordartsdata. Som nämndes i början av denna anmälan har författarna omgrupperat jordarterna. Detta framgår av Tabell 3, sid. 76. Väl är den internationellt vedertagna Atterbergsskalan oförändrad, men jordartsgrupperingen inom ramen för densamma har ändrats. Så har mofraktionen uppdelats och grovmon förts till sandfraktionen under benämning finsand och finmon förts till mjälafraktionen (här kallad silt) under benämning grovsilt.

Förteckningen över använda bokstavssymboler är tyvärr icke komplett. Där saknas t. ex. s_u (= udrenert skjærfasthet) och v (= strømhastighet).

Publikationen avslutas med en välvald litteraturförteckning över de mer betydande geotekniska arbetena naturligtvis med tyngdpunkt på de norska enär, som författarna påpekar, boken är skriven i första hand för norska byggnadstekniker.

Tryck och utstyrsel är tilltalande och figurerna förträffligt utförda.

Slutintrycket blir att NGI är att lyckönska till sin välredigerade publikation, som icke blott kan rekommenderas som uppslagsbok för geoteknikern, utan även kan förutom hjälp åt byggnadstekniker och geologer också inge dessa respekt för och viss insikt i de geotekniska problemen.

Erik Sandegren

Roland Brinkmann: Abriss der Geologie. Begründet durch Emanuel Kayser. Erster Band: Allgemeine Geologie. Achte, verbesserte Auflage. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart 1956. VIII + 286 sid., 207 fig. Pris häftad DM 25: —, inb. i hellinnebd DM 28: —.

Det är ej mer än sex år sedan förra upplagan av Emanuel Kaysers lärobok i geologi, band 1, utkom. Några mer genomgripande förändringar har heller icke den nu aktuella 8:e upplagan genomgått. Vissa avsnitt äro dock nyskrivna, även om man fortfarande igenkänner den gamla dispositionen. Förändringarna ha dock tydligen ansetts så betydande, att Kaysers namn flyttats tillbaka ett steg i titeln.

De kapitel, som äro mest omarbetade, äro tektonik- och metamorfoskapitlen. Även vulkanismens, eruptivbergarternas och geokemins avsnitt äro till stora delar nyskrivna. En väsentlig anmärkning gäller oljegeologien. Trots att denna viktiga gren av vetenskapen får allt större aktualitet, saknar man fortfarande densamma i läroboken.

Till alla kapitlen har litteraturrurvalet moderniserats. En del modern litteratur har tillkommit. Vidare har urvalet begränsats till ett mindre antal verk av mera väsentlig karaktär.

De mest märkbara förändringarna gälla typografi och bildmaterial. En kraftig modernisering har gjort, att den redan förut klara och rediga boken nu gör ett för ögat mer tilltalande intryck. Bildmaterialet har utökats något och många av fototypierna nyritats. Med glädje konstaterar man, att omarbetningarna i detta avseende satts in på väsentliga punkter; många förut svårlästa kartor ha nu blivit klara och tydliga. I ett par fall ha även tabeller ersatts med diagram. Det är egentligen endast i ett undantagsfall man konstaterar en försämring: Varför den gamla bilden av en pillowlava ersatts med den fullständigt oläsliga fig. 159 är obegripligt. Delvis bidrar kanske dålig upplappning.

Att vissa anmärkningar kunna göras hindrar inte, att totalintrycket av boken är mycket gott. Den förtjänar onekligen en större uppmärksamhet än den hittills fått röna i Sverige.

Jan Lundqvist

Geolognytt

Till ordförande i Svenska Mineralogiska Sällskapet har valts professor S. Gavelin och till sekreterare fil. kand. Knut-Fredrik Alm.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGS SENAST UTKOMNA PUBLIKATIONER ÄRO:

Ser. Aa. Geologiska kartblad i skalan 1 : 50000 med beskrivningar

Priset för karta i Ser. Aa med beskrivning är 10: — kr, för karta enbart 8: — kr.
(Price: map sheet + descriptive text Sw. kr. 10: —, map sheet Sw. kr. 8: —)

N:o 187 *Vårvik* av W. Larsson och R. Sandegren. 1956
» 194 *Säter* av S. Hjelmqvist och G. Lundqvist. 1953
» 195 *Särö* av P. H. Lundegårdh och R. Sandegren. 1953
» 196 *Västerås* av P. H. Lundegårdh och G. Lundqvist. 1954
» 197 *Laholm* av W. Larsson och C. Caldenius. T. v. utan beskrivning
» 198 *Halmstad* av W. Larsson och C. Caldenius. » » »
» 199 *Uppsala* av P. H. Lundegårdh och G. Lundqvist. With English summaries. 1956

Ser. Ad. Agrogeologiska kartblad i skalan 1 : 20000 med beskrivningar

Priset för karta i ser. Ad med beskrivning är 8: — kr, för karta enbart 6: — kr.
(Price: map sheet + descriptive text Sw. kr. 8: —, map sheet Sw. kr. 6: —)

N:o	2	*Lund*	av	G. Ekström.	1953,	karta	med	beskrivning
»	3	*Revinge*	»	»	»	t. v.	utan	beskrivning
»	4	*Löberöd*	»	»	»	»	»	»
»	5	*Örtofta*	»	»	»	»	»	»
»	6	*Kävlinge*	»	»	1955,	»	»	»
»	7	*Teckomatorp*	»	»	»	»	»	»
»	8	*Trollenäs*	»	»	»	»	»	»
»	9	*Bosjökloster*	»	»	1956,	»	»	»

Årsbok 49 (1955)

N:o 541 Pilava-Podgurski, N., Nya geologiska undersökningar vid Utö järnmalmsfält. English abstract. 1956 3,00
» 542 Hjelmqvist, S., On the occurrence of ignimbrite in the Pre-Cambrian 1956 1,00
» 543 Kautsky, G., Ein Beitrag zur Stratigraphie und dem Bau des Skelleftefeldes, Archaikum, Nordschweden. Mit 4 Tafeln. 1956 6,00
» 544 Lundegårdh, P. H., Petrology of the Uppsala region, Eastern Sweden. With one plate. 1957 6,00

Årsbok 50 (1956)

N:o 545 Båth, M., An earthquake catalogue for Fennoscandia for the year 1891—1950. 1956 3,00
» 548 Lundblad, B., On the stratigraphical value of the megaspores of Lycostrobus scottii. 1956 1,00

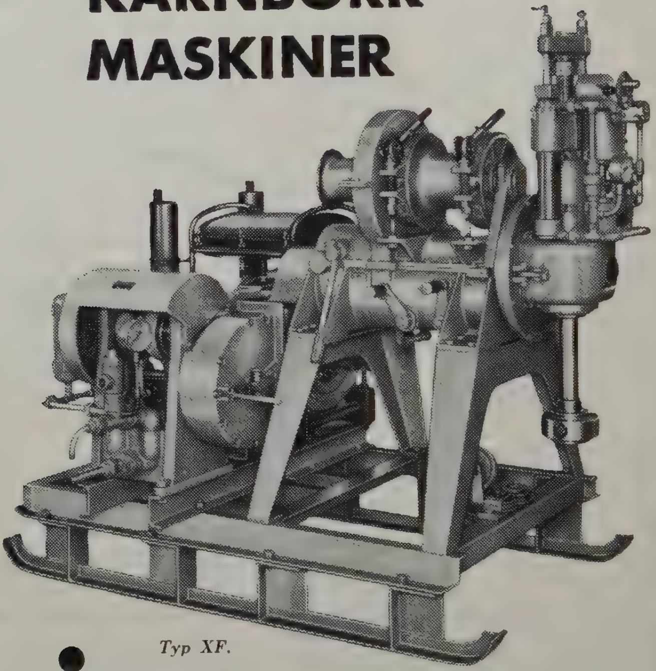
Ser. Ca.

N:o 27 Caldenius, C., and Lundström, R., The landslide at Surte on the river Göta älv. — Special chapters by B. Fellenius and E. Mohrén. With 5 plates. 1956 16,00
» 31 Borell, R., och Offerberg, J., Geokronologiska undersökningar inom Indalsälvens dalgång mellan Bergeforsen och Ragunda. — Med 6 planscher. With English summary. 1955 3,50
» 37 Gavelin, S., och Kulling, O., Beskrivning till berggrundskarta över Västerbottens län, Karta i skala 1 : 400000. With English summaries. 1955 45,00

Distribueras genom — Distributed by

Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag, Drottninggatan 20, Stockholm 16.

Craelius KÄRNBORR-MASKINER



Typ XF.

Craelius X-2 luftdriven, för 100 meters djup.
Craelius X-4 luftdriven, för spränghålsborrning.
Craelius XC-33.5 och XC-42 el.-luft- eller kilrepsdriven, för djup till 125 meter.
Craelius XB och XB-2, för djup till 200 meter.
Craelius XF, för djup till 300 meter.
Craelius XFH, för djup till 300 meter.
Craelius AB-2 och AB-50, för djup till 350 meter.
Craelius XH och XH-50, för djup till 600 meter.
Craelius XL och B-3, för djup till 1 200 meter.
Craelius XO-2, för djup till 2 000 meter.

Vi utföra även undersökningsborrningar och brunnsborrningar på kontrakt med egna maskiner och erfaren personal.

SVENSKA DIAMANTBERGBORRNINGS AB

Kungsgatan 44 | Stockholm C
Telegram: Adamante | Telefon: 23 33 80

Uppsökning och undersökning av

MALM
FYNDIGHETER

samt fyndigheter av andra slag

Vi utföra

geologisk
magnetisk
elektrisk

gravimetrisk
seismisk
prospektering

AKTIEBOLAGET
ELEKTRISK MALMLETNING
Stockholm · Danderydsgatan 11
Telefon: 230255

VATTENBYGGNADSBYRÅN
KONSULTERANDE INGENJÖRER OCH ARKITEKTER
Ledamöter av Svenska Konsulterande Ingenjörers Förening

Kraftverk — Sjöregleringar
Samhällsplanering
Vattenförsörjning — Avlopp

HUMLEGÅRDSGATAN 29 — STOCKHOLM
Telefon: lokal 22 85 80, riks 22 89 30 — Telegram: VATTEN

Härmed riktas en allvarlig uppmaning till författarna i Geol. Föreningens Förhandlingar att avlämna tydliga, slutgiltiga och väl genomsedda samt helst maskinskrivna manuskript.

Särskilt bör uppmärksamheten ägnas åt strängt genomförd konsekvens beträffande skrivningen av namn, latiniserade ordformer och tekniska uttryck, samt åt stilformernas riktiga betecknande (*kursiv*, spärrad, KAPITÄLER). Kursivstil användes blott för latinska namn (ej för att understryka vikten av visst textinnehåll). Spärrad stil användes för att framhäva vissa ord eller meningar i texten. Kapitäler användas för personer i samband med citerade skrifter, t. ex. SAHAMA 1954. I manuskriptet utmärkes:

spärrning med - - - - - - - - -
KAPITÄLER » ═══════════
kursiv » ───────────

Konsekvens i förkortningar är i hög grad önskvärd. Följande detaljer kunna uppmärksammas:

km dm m (antikva utan punkt).

dr (doktor), prof. (professor), hr (herr).

Citerade arbeten anföras i texten med angivande av författarens namn och arbetets tryckår inom parentes (SAHAMA 1954), och sammanställas i alfabetisk ordning vid uppsatsens slut (observera skiljetecknen och förkortningar):

SAHAMA, TH. G., 1954: Mineralogy of mafurite. Bull. Comm. géol. Finl., N:o 166.

Korrekturläsning åligger förf.

Red.

GEOLOGISKA FÖRENINGENS I STOCKHOLM FÖRHANDLINGAR utkomma med 4 häften årligen. Prenumeration mottages genom Nordiska bokhandeln, Stockholm 1, tel. 23 84 00 (växel).

Bd 1—31 à 20 kr.	Bd 71—73 à 20 kr.	Generalregister till
» 32 » 60 »	» 74—78 » 30 »	Bd 22—31 à 6 kr.
» 33—65 » 20 »	Generalregister till	» 32—41 » 6 »
» 66 » 30 »	Bd 1—5 à 3 kr.	» 42—50 » 6 »
» 67—69 » 20 »	» 6—10 » 4 »	» 51—60 » 6 »
» 70 » 25 »	» 11—21 » 6 »	» 61—70 » 10 »

Lösa häften av alla banden till pris beroende på häftenas omfång.

Medlemmar av Föreningen erhålla genom skattmästaren de äldre banden av Förhandlingarna och Generalregistret till hälften av det ovan upptagna bokhandelspriset. Å lösa häften lämnas ej prisnedsättning. (Styrelsens beslut d. $^{27}/_{10}$ 1922.)

Geologiska Föreningens sekreterare, Fil. Lic. Erik Åhman och redaktör, Docent P. H. Lundegårdh, träffas i Föreningens angelägenheter å Sveriges Geologiska Undersökning, tel. 34 97 90, säkrast tisdagar och torsdagar kl. 13—14.

Föreningens **ordinarie möten** äga rum första helgfria torsdag i månaderna februari, mars, april, maj, oktober, november och december. Januarimötet hålles på den torsdag, som infaller under tiden 10—16 jan. Anslag om föredragningslistan finnas minst 3 dagar före sammanträdet uppsatta på anslagstavlorna å ett antal offentliga institutioner med geologisk anknytning i Stockholm, Uppsala och Lund.

Personlig kallelse till sammanträdena utfärdas till ledamöter, som så önska.

Häftena utdelas sammanträdesdagarna i januari, mars, maj och november.

Uppsatser, avsedda att införas i Förhandlingarna, insändas till Föreningens redaktör, Stockholm 50. Åtföljande tavlor och figurer skola vara fullt färdiga till reproduktion, då de jämte uppsatsen sändas.

I Förhandlingarna må uppsatser införas antingen på skandinaviskt språk eller på engelska, franska eller tyska. Författare vare skyldig att bifoga i det förra fallet översättning av titel och figurtexter samt kort resumé på engelska, franska eller tyska, i det senare fallet, då Styrelsen anser sådan önskvärd, resumé på skandinaviskt språk.

Manuskript, skrivet på främmande språk, skall vara granskat av sakkunnig språkman, varom meddelande göres till redaktören.

Därest korrektionskostnaderna för införd uppsats uppgå till mera än 24 kronor pr tryckark, vare författare skyldig att erlägga det överskjutande beloppet, såvida det uppgår till minst 10 kr. pr uppsats.

Författare erhåller gratis av införda uppsatser 75 separat i omslag utan titel; ytterligare ex. samt ev. omslagstitel betalas av förf. Av notiser, anmälanden och föredragsreferat lämnas separat endast efter särskild överenskommelse.

Referat honoreras sålunda (Fören. beslut $^{7}/_{12}$ 1911):
1:sta sidan eller del därav efter 20 öre pr tryckrad, 2:dra sidan efter 15 och 3:dje sidan eller del därav efter 10 öre pr tryckrad. Följande sidor honoreras icke.

Anmälan om **föredrag och meddelanden** göres i god tid hos sekreteraren.

Ledamöternas årsavgifter, vilka enligt § 7 av Föreningens stadgar skola vara erlagda senast den 1 mars, inbetalas å postgiro 2108, Geologiska Föreningen Stockholm 50, eller insändas till skattmästaren, Intendent O. Gabrielson, Stockholm 50, till vilken även lämnas uppgifter om ändring av adresser och titlar.

Årsavgiften utgör kr. 20:—, avgift såsom ständig ledamot kr. 250:—. Ledamot, som under en följd av minst 20 år erlagt årlig ledamotsavgift, kan bliva ständig ledamot mot en avgift av kr. 125:—. Ledamot, som under 50 år erlagt årlig avgift, är befriad från ytterligare årsavgifter till Föreningen.

Postadress: Geologiska Föreningen, Stockholm 50. **Postgiro:** 2108. **Telefon:** 34 97 90.

INNEHÅLL

Contents

Ledamotsförteckning – List of Members 3
Publikationsbyte—Exchange of Publications 17

Uppsatser — Articles:

MARTNA, J. Notes on the upper Ordovician and lower Silurian of the Tapa district, Estonia 21
NORIN, R. Some data concerning the mineralogy of the Karlshamn granite 35
FRIETSCH, R. Determination of the composition of garnets without chemical analysis 43
BYSTRÖM, A. M. The clay minerals in the Ordovician bentonite beds in Billingen, Southwest Sweden 52
Meddelanden från svenska föreningen för lerforskning (Reports of Swedish Clay Research) 57
HULT DE GEER, E. Old and new datings of Swedish ice lakes and the thermals of Bölling and Alleröd 93
GÜNTHERT, A.W. Bildungsfolge und Koexistenzbeziehungen der Hauptgemengteile des Maggia-Lappens, einer penninischen Gneisserie des NW Tessin, Schweiz 101

Mötesreferat — Proceedings:

Den 10 januari 1957. B. DAHLMAN: Den uranförande alunskiffern . . . 107
Den 7 februari 1957. E. JARVIK: De fyrfota djurens uppkomst 107

Notis—Note:

HINRICSSON, H. Raukar i kalkblandad lerskiffer vid Storsjön, Jämtland . . 109

Anmälanden och kritiker — Reviews and Discussions:

JANBU–BJERRUM–KJÆRNSLI: Veiledning ved løsning av fundamenteringsoppgaver. Ref. av E. Sandegren 110
KAYSER–BRINKMANN: Abriss der Geologie, erster Band, achte Auflage. Ref. av J. Lundqvist 112

Geolognytt — Professional News 112

Författarna äro ensamma ansvariga för sina uppsatsers vetenskapliga innehåll

---

STOCKHOLM 1957. KUNGL. BOKTRYCKERIET P. A. NORSTEDT & SÖNER